

Mathy, Marcus

Mobile Übertragungstechnik heute

– ein Handbuch für Planer

**eingereicht als
Bachelorarbeit**

Hochschule Mittweida – University of Applied Science

Mittweida 2012

BACHELORARBEIT

Mobile Übertragungstechnik heute – ein Handbuch für Planer

Autor:

Herr Marcus Mathy

Studiengang:

Film und Fernsehen

Studienfach:

Kamera

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Kahl

Einreichung:

Mittweida, 14. August 2012

BACHELORARBEIT

Mobile Gathering today – a guide for methods engineers

author:

Mr. Marcus Mathy

course of studies:

Film und Fernsehen

seminar group:

Kamera

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

second examiner:

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Kahl

submission:

Mittweida, 14. August 2012

Bibliografische Angaben

Mathy, Marcus

Mobile Übertragungstechnik heute
– ein Handbuch für Planer

Mobile Gathering today
– a guide for methods engineers

120 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2012

Kurzreferat

Dieses Handbuch gibt Planern, Video-Journalisten und anderen Interessierten der mobilen Übertragungstechnik einen Überblick über die Übertragungstechniken nach dem heutigem Stand. Dem Autor ist sich sehr wohl bewusst, dass sich auch diese Technik ständig erneuert und hat versucht, diese Arbeit so aktuell wie möglich zu halten.

Nach einer kurzen historischen Einleitung über die Entwicklung der Bildübertragung werden theoretische Grundkenntnisse zu diesem Thema erläutert. Es folgen Kapitel über die Grundlagen und die praktischen Anwendungen der Satelliten- und terrestrischen Übertragung. Vervollständigt wird das Thema mit eigenen Messungen im Handynetz verschiedener Provider an unterschiedlichen Orten. Ein eigenes Fazit schließt diese Arbeit ab.

Ergänzt wird sie durch Fachworterklärungen und nützliche Adressen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VIII
Vorwort	XIII
1 Einleitung	1
2 Historisches	3
2.1 Geschichte von Funkwellen	3
2.1.1 Die Anfänge des Fernsehens	4
2.1.2 Die Übertragung der Olympischen Spiele 1936	7
2.1.3 Fernsehen im und nach dem 2. Weltkrieg	8
2.1.4 Der Schritt zur elektronischen Berichterstattung (EB)	9
2.2 Satellitenübertragung	11
2.2.1 Beginn der Satellitenübertragung	12
2.2.2 Satellitenübertragung mithilfe eines Internetprotokolls (SNG over IP) - die Anfänge	15
2.3 Die Entwicklung des Mobilfunks in Deutschland	15
3 Die theoretischen Grundlagen	16
3.1 Verpacken von Videodaten	16
3.1.1 Farbunterabtastung	17
3.1.2 Diskrete Cosinustransformation und Derivate	19
3.1.3 Long Group of Pictures	20
3.1.4 8-Bit-Quantisierung	21
3.1.5 Variable Längen-Codierung und Runtime Length-Codierung (VLC und RLC)	22
3.1.6 Container und Codecs	22
3.1.7 MP4 und MPEG2/ Geschichte von MPEG	24
3.1.8 Die Zukunft, Forschungen des Fraunhofer-Instituts und erste Erfolge von H.265	24

3.2	Die Wahl des Encoders/ Decoders - Hardware oder Software	25
3.3	Komprimierung bei Funkübertragung	27
4	Senden über Satellitensysteme	27
4.1	Satellitensysteme	27
4.1.1	Positionierung der Satelliten	29
4.1.2	Funktion und Konzept der Satellitentechnik	32
4.2	Die Frequenzbänder	33
4.3	Aufbau eines „klassischen“ SNG	37
4.3.1	Arbeitsablauf beim Uplink.....	46
4.4	Die Zukunft – SNG over IP	47
4.4.1	BGAN	48
4.4.2	Ka-Sat	49
4.5	Fazit über Satellitentechnik	51
5	Senden über terrestrische Netzwerke	51
5.1	Funktion und Konzept des Handynetzes und dessen Protokolle	52
5.2	Die Frequenzbänder	53
5.3	UMTS	56
5.4	Das LTE-Protokoll	56
5.5	Eigene Messungen	57
5.6	Bündelung von Daten	65
5.6.1	die Firma Live-U	66
5.6.2	Die Firma Teradek Bond	66
5.7	Femtozellen/ Picozellen im LTE-Bereich	66
5.8	Sonstige terrestrische Funkübertragungssysteme	68
5.9	Fazit über terrestrische Netzwerke	70
6	Streaming Media	71
7	Fazit	72

7.1	Tabellarische Übersicht	75
8	Anhang	XIV
8.1	Fachworterklärungen	XIV
8.2	Nützliche Adressen	XII
9	Quellenverzeichnis	XXV
9.1	Bücher.....	XXV
9.2	Zeitschriften.....	XXV
9.3	Vorlesungen	XXV
9.4	Hochschulschriften	XXV
9.5	Jurustisches	XXVI
9.6	Präsentation	XXVI
9.7	Interviews	XXVI
9.8	Internetrecherche	XXVII
10	Telefongespräche, Interviews als paapierte Mitschriften	XXIX
10.1	Telefongespräch mit B.Bross	XXIX
10.2	Interview mit Live im Netz	XXXVI
10.3	Telefongespräch mit Vodafone	XXXVII
10.4	Interview mit transtel	XXXIX
10.5	Telefongespräch mit Internetagentur Schott	XL
10.6	Tabellen eigener Messdaten	XLII
11	Eigenständigkeitserklärung	XLIII

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Careys Prinzip der elektrischen Bilderzeugung und Wiedergabe
Breest, Handout LV Recording, die Medienakademie Hamburg 2010
Seite 4
- Abb. 2 Prinzip der Nipkowscheibe
Breest, Handout LV Recording, die Medienakademie Hamburg 2010
Seite 5
- Abb. 3 Einsatz der „Olympiakanone“ in Berlin 1936
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/Olympia-Kanone_1936.jpg Stand 8.8.2012
Seite 8
- Abb. 4 Ampex-Magnetband mit dem Quadruplex-System
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Ampex_VR2000.jpg
Stand 8.8.2012
Seite 11
- Abb. 5 Ausschnitt aus der „Wireless World“, Oktober 1945
Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007
Seite 27
Seite 12
- Abb. 6 Der Syncom II-Satellit
Syncom II <http://www.boeing.com/defense-space/space/bss/factsheets/376/syncom/syn-com.html> Stand 4.8.2012
Seite 13
- Abb. 7 RGB-Signal aus den Farben Rot, Grün und Blau
Foto Verfasser
Seite 17
- Abb. 8 Cb-, Cr- und Y-Signal
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Barns_grand_tetons_YCbCr_separation.jpg Stand 8.8.2012
Seite 17
- Abb. 9 Pixelmodell YCbCr bei 4:4:4
Grafik Verfasser
Seite 18
- Abb. 10 Pixelmodell YCbCr bei 4:2:2
Grafik Verfasser
Seite 18
- Abb. 11 Pixelmodell YCbCr bei 4:2:0
Grafik Verfasser
Seite 19
- Abb. 12 schematische Dartellung einer Group Of Pictures (GOP)
Higgins,Jonathan,Satellite News Gathering, Oxford 2007,187
Seite 21
-

Abb. 13	schematische Darstellung eines Containers http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Informatik-Container-formate-Beispiele.svg Stand 8.8.2012	Seite 23
Abb. 14	Teradek H.264-Encoder für IP-Protokolle http://www.teradek.com/images/cube2/cube2_x55_iso_640.png , Stand 8.8.2012	Seite 26
Abb. 15	Geostationäre Satellitenumlaufbahn Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 40	Seite 28
Abb. 16	Flugkurs eines Satelliten Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 40	Seite 28
Abb. 17	Die imaginäre Box innerhalb der Satellitenumlaufbahn Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 41	Seite 28
Abb. 18	Einstellmöglichkeiten an Satellit und LNB Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 116	Seite 29
Abb. 19	Die App Ka-Sat-Finder, eingesetzt auf dem Burgplatz in Braunschweig Foto Verfasser	Seite 31
Abb. 20	Die App Ka-Sat-Finder, eingesetzt auf dem Eiermarkt in Braunschweig Foto Verfasser	Seite 31
Abb. 21	Footprint von ASTRA 1° E auf Ka-Band https://sat.ses.com/webservice/images/7407663 , Stand 8.8.2012	Seite 33
Abb. 22	Dämpfung der Frequenz in Abhängigkeit von der Feuchte der Erdatmosphäre http://www.tele-satellite.us/TELE-satellite-0709/eng/feature.pdf Stand 8.8.2012	Seite 34
Abb. 23	Dämpfung in Abhängigkeit von Regenmenge und Frequenz http://www.tele-satellite.us/TELE-satellite-0709/eng/feature.pdf Stand 8.8.2012	Seite 34
Abb. 24	Modell der horizontalen und vertikalen Polarisation Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 87	Seite 35
Abb. 25	Blockschaltplan eines fiktiven SNGs Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 96	Seite 36

Abb. 26	Hohlleiter http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/WaveguideJ-Band.png Stand 8.8.2012	Seite 38
Abb. 27	Prinzip der Dual- Offset-Antenne Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007,82	Seite 40
Abb. 28	Dual-Offset- (Gregorianische) Antenne der Firma SweDish Satellites Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007, 82	Seite 40
Abb. 29	Spektrum-Analyzer der Fa. Rhode & Schwartz im D-SNG 1 der Firma Betamobil, Foto Verfasser	Seite 41
Abb. 30	Multiplexer der Firma vocality http://remotesatellite.com/images/vsat/V100-compact-vocality-multiplexer.jpg Stand 8.8.2012	Seite 42
Abb. 31	klassische SNG- Wagen des Kölner Unternehmen rt 1 http://www.wellen-noethen.de/uploads/pics/rt1_tv_bild.jpg Stand 8.8.2012	Seite 43
Abb. 32	Der Smart als kleines Uplink-System http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Smart-Übertragungswagen_des_WDR.jpg Stand 8.8.2012	Seite 43
Abb. 33	Raumkonzept eines SNG am Beispiel des TVN-SNG 1HD Broschüre TVN-SNG1 , Herausgeber TVN - Hannover Stand 8.8.2012	Seite 43
Abb. 34 k	omplette SNG-Einheit mit Stromerzeuger http://www.shook-usa.com/Products_and_Services/Military_GSA/as-240.html Stand 8.8.2012	Seite 44
Abb. 35	Fly Away der Firma Norsat http://www.digisat.org/img/Product/NORSAT-NEWS-VSAT-NEWSLINK.jpg Stand 8.8.2012	Seite 44
Abb. 36	Ultra Portable-System von Firma SweDish http://www.wood.com.pl/Obrazki/swe-dish/IPT.jpg Stand 8.8.2012	Seite 45
Abb. 37	Signalkette bei SNG over IP http://media3.film-tv-video.de/pics/B_0312_Eutelsat_1a.jpg Stand 8.8.2012	Seite 47

Abb. 38	BGAN-Terminals verschiedener Hersteller Foto Verfasser	Seite 48
Abb. 39	Frequenzbereich des GSM-Bandes (UL) http://de.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications#Verwendete_Frequenzen Stand 8.8.2012	Seite 54
Abb. 40	Frequenzbereich des GSM 1800-Bandes (UL) http://de.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications#Verwendete_Frequenzen Stand 8.8.2012	Seite 54
Abb. 41	Frequenzbereich des UMTS-Bandes (UL) http://de.wikipedia.org/wiki/Umts#Situation_in_Deutschland Stand 8.8.2012	Seite 54
Abb. 42	Frequenzbereich des UMTS-Bandes (DL) http://de.wikipedia.org/wiki/Umts#Situation_in_Deutschland Stand 8.8.2012	Seite 55
Abb. 43	Frequenzbereich 1 des TDD-Bandes (UL/DL) http://de.wikipedia.org/wiki/Umts#Situation_in_Deutschland Stand 8.8.2012	Seite 55
Abb. 44	Frequenzbereich 2 des TDD-Bandes (UL/DL) http://de.wikipedia.org/wiki/Umts#Situation_in_Deutschland Stand 8.8.2012	Seite 55
Abb. 45	Nutzung der Frequenzbänder in Deutschland im GHz-Bereich http://de.wikipedia.org/wiki/Long_Term_Evolution Stand 8.8.2012	Seite 55
Abb. 46	Nutzung der Frequenzbänder in Deutschland im MHz-Bereich http://de.wikipedia.org/wiki/Long_Term_Evolution Stand 8.8.2012	Seite 55
Abb. 47	Messung im O2-Netz in Berlin über 24 Stunden von 0 bis 24 Uhr Foto Verfasser	Seite 59
Abb. 48	Messung im T-mobile-Netz in Berlin über 24 Stunden von 0 bis 24 Uhr Foto Verfasser	Seite 59
Abb. 49	Messungen im Hamburger Vodafone-Netz an zwei Tagen Foto Verfasser	Seite 60

Abb. 50	Messungen im Vodafone-Netz an vier Tagen in Scheeßel	
	Foto Verfasser	Seite 60
Abb.: 51	Übersicht über die Messpunkte für LTE-Messungen in und um Mittweida	
	http://www.vodafone.de/privat/hilfe-support/netzabdeckung.html	
	Stand 8.8.2012	Seite 61
Abb. 52	LTE-Messungen bei Rossau	
	Foto Verfasser	Seite 64
Abb. 53	LTE-Messungen in Erlau an der Haupt- straße	
	Foto Verfasser	Seite 64
Abb. 54	Versuchsaufbau auf dem Parkplatz der Kriebstein-Talsperre zur	
	LTE-Messung, Foto Verfasser	Seite 64
Abb. 55	Messergebnisse bei T-mobile auf dem Bahnhofplatz in Mittweida	
	Foto Verfasser	Seite 64
Abb. 56	he „One Man Uplink“ aus der Late Night-Show des NBC	
	http://www.kyagr.com/pr/report/images/mobile.gif Stand 8.8.2012	Seite 53

Vorwort

Das Thema zu dieser Arbeit kam folgendermaßen zustande:

In Deutschland gibt es keine Fachliteratur für Nichttechniker, die eine Einführung in den Stand der heutigen Übertragungstechnik gibt. Es finden sich zwar sehr viele Einzelliteraturhinweise, allerdings sind diese meistens in englischer Sprache verfasst, für Techniker geschrieben und sehr komplex.

Daher wollte ich eine Arbeit schreiben, um Planern bzw. Video-Journalisten den heutigen Stand dieser Technik näher zu bringen, wohl wissend, dass die drahtlose Übertragungstechnik eine ständige Weiterentwicklung erfährt.

Da ich mich in meinen Praktika bei TVN Wolfsburg und bei studentischen Aushilfstätigkeiten in TV-Aufnahmestudios und Übertragungswagen mit diversen Übertragungstechniken auseinandersetzen musste, hat mich dieses Thema schon lange sehr interessiert.

Danksagung

Ich möchte mich hierbei bei allen Unterstützern meiner Bachelor-Arbeit bedanken, insbesondere bei meinem Professor Dr. Rainer Zschockelt, bei meinem Zweitprüfer Diplom-Ingenieur (FH) Johannes Kahl, bei Koehn Verleyen von der Firma Betamobile sowie bei Martin Geritz und Steffen Buschmann und ihrem Team von MCI, ebenso bei Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Bross aus dem Fraunhofer Heinrich Hertz Institut und allen anderen, die mir immer helfend in dieser Zeit zur Seite gestanden haben.

1 Einleitung

Noch nie zuvor gab es so viele Möglichkeiten, ein Bildsignal elektronisch zu übertragen. Allerdings nutzen die besten Techniken nichts, wenn sie nicht bekannt sind und somit auch nicht eingesetzt werden.

Im Produktionsalltag der Fernsehbranche erlebt man es häufig, dass ausführende Produzenten mit den heutigen Möglichkeiten von Übertragungstechnik nicht vertraut sind. Sie müssen zwar keine Techniker sein, allerdings sollten sie wissen, welche Möglichkeiten der elektronischen Bildübertragung es gibt und wie sie funktionieren. Denn aus diesem Wissen und dem sinnvollen Einsatz neuer Techniken ergeben sich auch neue Möglichkeiten für innovative Sendekonzepte. So hat zum Beispiel der Bayerische Rundfunk seit dem Jahr 2007 eine Sendung mit dem Namen „Südwild“ im Programm, die per Internet eine Interaktion mit dem Zuschauer als wesentlichen Bestandteil hat. (Mobiles Studio im Doppeldecker-Bus — das BR-Jugendmagazin »Südwild«).¹ Ebenso erschließen sich durch die stetig wachsenden sozialen Netzwerke und das Streaming ins Internet neue Wege und Möglichkeiten der visuellen Kommunikation.

Diese Arbeit soll dabei helfen, eine Einführung in dieses komplexe Thema zu geben und Planern oder jedem anderen an diesem Thema Interessierten dabei zu helfen, die optimale Übertragungstechnik für das entsprechende Einsatzgebiet auszuwählen. Denn wie so oft gibt es auch hier nicht das Allheilmittel. Es muss abgewogen werden, welche Übertragungsart für welchen Zweck am besten geeignet ist.

So kann diese Publikation keinen Techniker ersetzen oder gar ein technisches Handbuch sein, da sie hierfür zu oberflächlich ist. Sie soll vielmehr diverse Systeme aufzeigen, Standardbegriffe und Abläufe erklären und die Argumente von Technikern verständlich machen, um so ein Grundverständnis für diese Problematik zu schaffen.

In dem Kapitel 2 findet eine geschichtliche Einordnung statt. Hier wird die Entwicklung der verschiedenen Systeme erklärt.

Das Kapitel 3 befasst sich mit den theoretischen Vorgaben und gibt eine Einführung in die diversen Codierungsverfahren und Videoformate.

Das Kapitel 4 beschäftigt sich mit den verschiedenen Satellitensystemen und gibt ei-

1

vgl.: Südwild- BR Rundfunk, <http://on3.de/focus/10/on3-suedwil>, Stand 2.8.2012

nen Einblick in die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten und deren jeweilige Einsetzbarkeit. Um eine Vergleichbarkeit zwischen Satellitensystemen und terrestrischen Netzwerken zu schaffen, ist der Aufbau des Kapitel 4 und 5 analog aufgebaut. Allerdings liegt der Schwerpunkt des Kapitel 5 auf den Mobilfunknetzen, da diese am weitesten verbreitet sind und somit ansatzweise mit den Satellitensystemen zu vergleichen sind. Eine grobe Einführung in die Internetprotokolle, so wie sie bei SNG over IP und beim Senden über Handynetze benutzt werden, leistet das Kapitel 6. Es erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll nur eine Einleitung in die Thematik sein. Das Kapitel 7 fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen.

Es ist noch zu erwähnen, dass bei dieser Arbeit auf die Nennung der weiblichen und männlichen Benennungen verzichtet wird, die jeweiligen Bezeichnungen sind generisch verwendet worden.

Bei SNG ist in dieser Arbeit eine Sende- bzw. Empfangseinheit gemeint, welche ihre Signale über Satellit überträgt, dabei jedoch nicht auf Internetprotokolle zurückgreift.

2 Historisches

Im Prinzip konnte man erst von einer Übertragungstechnik im Fernsehen sprechen, als sich das Fernsehen als Massenmedium durchgesetzt hatte. Dieses war im Jahr 1953 in England möglich bei der Übertragung der Krönungsfeierlichkeiten der englischen Königin Elisabeth II. Die Übertragungstechniken, die davor schon existierten, wurden durch diese neuen Anforderungen immer relevanter.

Denn ein Medium gilt erst dann als Massenmedium, wenn folgende Parameter erfüllt sind:

1. die technische Grundlage muss geschaffen sein,
2. es muss ein Inhalt zum Senden vorhanden sein,
3. das Publikum muss dafür vorhanden sein,
4. es muss eine wirtschaftliche Grundlage vorhanden sein.²

2.1 Geschichte der Funkwellen

Die Entwicklung der heutigen Übertragungstechnik hat ihren Ursprung in der ersten Funkverbindung von Marconi, die er 1895 durchführte.³ Diese Funkverbindung von ihm fand im Sommer 1890 von seiner Villa bei Bologna in das 2,5 km entfernte Salvan in den Schweizer Alpen statt.

Fast gleichzeitig entwickelte die Firma Telefunken ein System als internes Projekt, welches Daten über Funkwellen übertrug. Dabei wurden nur Impulse übertragen. Lange Zeit existierten diese beiden Systeme parallel nebeneinander, 1909 kam dann ein Vertrag über die Funkberechtigung beider Systeme zustande. Nach dem Untergang der RMS Titanic im April 1912 war es allen seefahrenden Nationen klar, wie wichtig die junge Funktechnik für die Seefahrt war und dass sie einen einheitlichen Standard haben müsste. So wurde noch im gleichen Jahr der Internationale Funktelegraphen-Vertrag in London abgeschlossen. Der Erste Weltkrieg verhinderte jedoch später die Umsetzung des Vertrages.⁴

Dennoch war dieser erste Schritt für die folgende Zeit ein wichtiger Weg für die Schaffung eines internationalen Standards. Die größte Herausforderung war damals aber nicht die Übertragung von Signalen und Sprache beim Fernsehen, sondern die Übertragung eines Bildes per Funk. Das gestaltete sich sowohl durch den Abtastprozess des

2 vgl.: Hillmer 2012, LV Mediengeschichte Hochschule Mittweida

3 vgl.: Higgins 2007, 5-7

4 vgl.: Hickethier 1998, 17

Bildes als auch durch dessen Projektion als sehr schwierig. Eine weitere technische Herausforderung war das Umwandeln des Bildes in Impulse für das Senden.

2.1.1 Die Anfänge des Fernsehens

Lange bevor das Fernsehen offiziell als Massenmedium in unserer Gesellschaft verankert war, gab es schon erste Versuche der Bildübertragung.⁵ Die Abtastung des Bildes erfolgte damals photographisch durch mehrere Selenzellen. Die Lichtempfindlichkeit der Selenzellen wurde 1973 von C. May entdeckt.⁶ Allerdings brauchte man dafür noch für jeden Pixel eine eigene Leitung. Ebenso war auch keine hohe Auflösung möglich, da man technisch noch nicht so kleine Selenzellen fertigen konnte. George Carey ordnete 1875 als erstes die Selenzellen an um ein „Bild“ zu übertragen.⁷

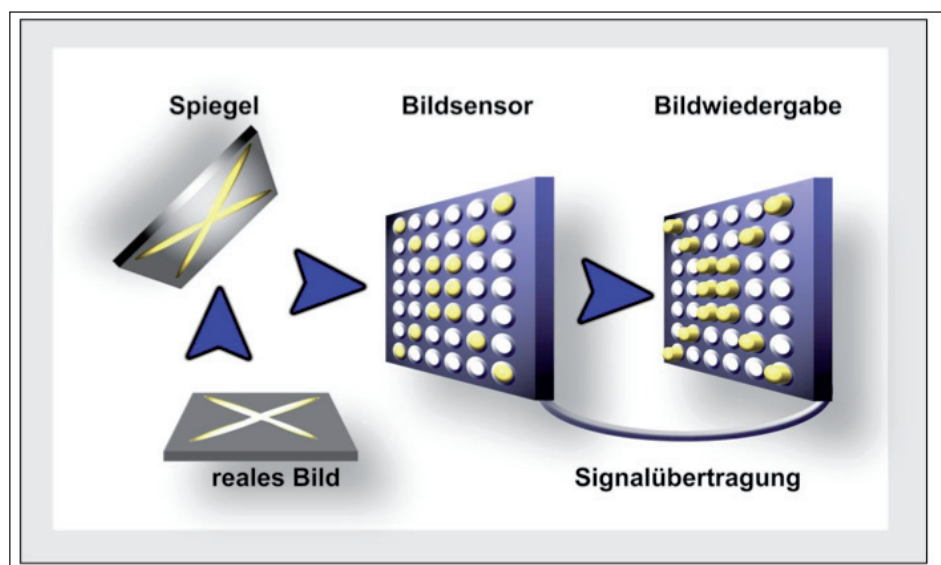


Abb. 1 Careys Prinzip der elektrischen Bilderzeugung und Wiedergabe

Die Datenreduktion gelang durch den Einsatz der Nipkow-Scheibe. Bei der Nipkow-Scheibe handelt es sich um eine rotierende Scheibe, in der spiralförmig Löcher angeordnet sind. Durch diese Öffnungen wird eine Selenzelle angestrahlt. Das Signal wird verstärkt und auf der anderen Seite eine Glühbirne mit wenig Trägheit zum Leuchten

5 vgl.: Hickethier 1998, Kapitel 1-2

6 vgl.: Schmidt 2009, 97 und Higgins 2007, 11

7 vgl.: Breest 2010, 13

gebracht. Vor dieser Glühbirne befindet sich ebenfalls eine rotierende Nipkow-Scheibe, die sich synchron zu der Nipkow-Scheibe vor der Selenzelle bewegt. Der Nachteil dieses Verfahrens war die geringe Auflösung und die sehr geringe Lichtstärke. Jedoch konnte man hiermit ganze Fernsehbilder zeilenweise über eine Datenleitung übertragen. Dabei kam es nicht zur einer direkten Datenreduktion, sondern zu einem zeitlich versetzten Auslesen der einzelnen Bildbestandteile, was aber durch die Trägheit des menschlichen Auges nicht auffiel.

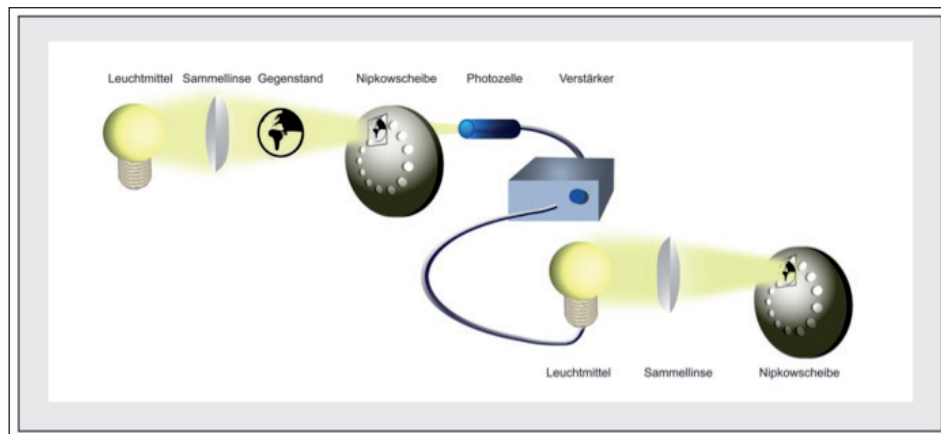


Abb. 2 Prinzip der Nipkowscheibe

1904 gelang es an der Technischen Hochschule Berlin dem Wissenschaftler Arthur Gordon, eine Fotografie von Berlin nach Nürnberg zu übertragen. Hierfür wurden die Telefonleitungen benutzt.⁸

Es folgten weitere Übertragungen von München nach Nürnberg und von Berlin nach Paris.

Der staatliche Erfinder John Logie Bardie sendete 1927 die ersten Fernsehbilder von London nach Glasgow.⁹ Hier konnte man von der ersten Fernsehübertragung mit bewegten Bild sprechen.

Im Jahr 1914 begann der ungarische Forscher Denes von Mihaly mit dem Bau eines Wiedergabegerätes. Hierbei montierte er Spiegel auf einer Walze, die das Bild an eine Wand warfen.

Mihaly sendete das erste Bewegtbild im Mai 1928 von seinem Privathaus in Berlin Wilmersdorf in der Hildegardstraße in das Privathaus seines Förderers, in das zweieinhalb Kilometer entfernte Haus an der Hardenbergstraße am Bahnhof Zoo. Allerdings waren die Bilder eher übertragene Schattenspiele als brauchbare Bilder.¹⁰

⁸ vgl.: Hickethier 1998, 22

⁹ vgl.: Hickethier 1998, 19

¹⁰ vgl.: Hickethier 1998, 23

1924 stellten Mihaly und Carolus gemeinsam ihre Systeme auf der Rundfunkausstellung in Berlin aus.

Eugen Nester wurde auf seine Entwicklung aufmerksam und holte ihn nach Berlin. Ebenso arbeiteten auch Forscher der Firma Telefunken unter den Vorstand Fritz Schröter und August Karolus an einer Lösung. Sie erzielten dabei erste Ergebnisse, welche sie allerdings nicht veröffentlichten, da die Messlatte, welche durch das Kino und dessen Bildqualität gesetzt worden war, sehr hoch und das erste Fernsehen mit nur lediglich 96 Bildzeilen ¹¹ recht unbefriedigend war.

Im Laufe der Zeit entwickelte sich eine regelrechte Euphorie um die Thematik des Fernsehens.¹²

Die „Berliner Zeitung am Nachmittag“ schrieb am 1.9.1928 „... Neues, noch nie da Gewesenes bahnt sich an. Das Fernsehen! Der Apparat des Dr. Carolus, der die Bilder auf einer Fläche von 75 cm im Quadrat wirft. ... Eine kleine Einrichtung für den Hausgebrauch, ähnlich der, die wir vielleicht schon in Bälde mit unserem Rundfunkempfänger verbinden werden. Tonfilm, Rundfunk und Fernsehen werden vielleicht früher als wir es selbst zu hoffen wagen, eine Einheit sein. Dann bringt uns der Rundfunk das Sprechende, Singende, das von Musik begleitete lebende Bild auf den Wellen des Äthers ins Haus. Es zeigt uns die Wasserfälle des Niagaras und lässt uns ihren Ton hören. Er führt uns durch die Stätten der Industrie und übermittelt unter gleichzeitigem Geschehen ihre Melodien.“¹³

Ab dem 8. März 1929 erfolgte die erste drahtlose Fernsehübertragung. Diese fand vom Berliner Funkturm aus zwischen 23:10 Uhr und 0:30 Uhr statt. Die Wellenlänge war 475,4 m. Diese Übertragung wurde von Mihaly initiiert. In diesem Jahr sendete dann auch der Versuchssender Witzleben regelmäßig Testsendungen. Allerdings waren diese am Anfang ohne Ton. Erst mit dem Bau eines zweiten Senders konnte in Witzleben auch Ton gesendet werden.¹⁴

Im Juli 1929 legte die Deutsche Post einen einheitlichen Fernsehstandard von 30 Zeilen fest.

Dennoch war die schnelle Verbreitung des Fernsehens noch nicht gegeben. Das größte Problem war nicht die Übertragung, sondern die geringe Zeilenzahl. Dieser Mangel verhinderte die Verbreitung des Fernsehens, zumal der Zuschauer, wie bereits schon erwähnt, durch das Kino wesentlich bessere Bildqualität gewohnt war.¹⁵

11 vgl.: Hickethier 1998, 22

12 vgl.: Hilmer 2012, Lehrveranstaltung Mediengeschichte

13 vgl.: Hickethier 1998, 25

14 vgl.: Hickethier 1998, 25

15 vgl.: Hickethier 1998, 27

Die Nipkow-Scheibe war durch die Forderung nach besserer Qualität mit ihrer mechanischen Abtastung hier an ihre Grenzen gestoßen. Zwar hatten schon im Jahr 1906 Diegmann und Blade als Alternativlösung das Einsetzen von Braunschen Röhren vorgeschlagen, fanden allerdings keine Beachtung.¹⁶

1923 gelang es in den USA dem bei Westinghouse angestellten Wissenschaftler Vladimir Kosmos Zworykin mithilfe von zwei Braunschen Röhren ein Bild zu übertragen.

Dennoch war der Deutschen Post das System noch nicht ausgereift genug, weshalb hier weiterhin mechanische Kameras zum Einsatz kamen. Anstatt die Übertragung wie in den Anfangstagen über Kabel zu betreiben, einigte sich die Deutsche Post auf Funkwellen. Um die gegenseitige Auslöschung der Funkwellen zu vermeiden, hatte man „eine Welle unter 10 m“¹⁷ gewählt.

In den USA wurde die Forschung durch private Rundfunkanstalten und Unternehmen vorangetrieben. Diese waren zum Beispiel CBS oder auch NBC sowie viele weitere kleine Sender. Diese Rundfunkanstalten betrieben verschiedene Testsendungen (CBS ab 1931; RCA ab 1932 mit ersten Testsendung vom Empire State Building ab 1936.)¹⁸ Allerdings sendete jeder dieser Sender in seinem eigenen Bildformat.

Eine notwendige Normung fand aber erst 1941 durch NTSC (National Television Systems Committee) statt. In dieser Norm wurde sich auf eine Darstellung von 441 Zeilen und 30 Bildern in der Sekunde geeinigt.

2.1.2 Die Übertragung der Olympischen Spiele 1936

Die erste wichtige Außenübertragung in der Fernsehgeschichte gab es zur Olympiade 1936 in Berlin, die vor allem durch die Propaganda des Nazi-Regimes vorangetrieben wurde. Dabei kam zum ersten Mal eine elektronische Kamera zum Einsatz, die so genannte Olympiakanone.¹⁹

Die Kamera wurde unter Leitung von dem Ingenieur Walter Bruch entwickelt.²⁰ Um die Unzulänglichkeiten der „Olympiakanone“ abzufangen, nämlich die Kompensation ihrer geringen Lichtempfindlichkeit und ihr geringes Kontrastverhältnis, kam noch eine weitere Kamera zum Einsatz, die auf Film als Medienträger beruhte. Diese war auf einem Wagen gebaut, in dem der Film gleich nach der Belichtung im Durchlaufverfahren entwickelt und anschließend optisch abgetastet wurde.²¹

16 vgl.: Hickethier 1998, 35

17 vgl.: Hickethier 1998, 28

18 vgl.: Hickethier 1998, 28 und 36 sowie Higgins 2007, 11

19 vgl.: Schmidt 2009, 11

20 vgl.: Otto (Hrsg.) 2008, 211 ff.

21 vgl.: Die Berichterstattung des „Fernsehsenders Paul Nipkow“ von den Olympischen Sommerspielen 1936 <http://1936.dra.de/index.php?id=125> Stand 4.8.2012



Abb. 3 Einsatz der „Olympiakanone“ in Berlin 1936

Die Bilder wurden in eigens geschaffene Fernsehstuben übertragen, eine Einrichtung der deutschen Post, da Fernseher damals in Haushalten noch nicht verbreitet waren. Um dies zu bewerkstelligen, entwickelten die Firma Telefunken, AEG und Daimler Benz im Auftrag der Reichspost den ersten fahrbaren Fernsehsender der Welt. Diese Sendeeinheit bestand aus 14 Wagen. Es war sozusagen die erste Liveaußenübertragung.²²

2.1.3 Fernsehen im und nach dem Zweiten Weltkrieg

Während des Krieges gab es in Deutschland weiterhin wenige Fernsehsender. Es wurde überwiegend ein Unterhaltungsprogramm und Propaganda gesendet. Die Fernseher wurden zum Teil in Militärlazaretten zur Unterhaltung der verwundeten Soldaten aufgestellt.²³

Die europäische Rundfunk Union (EBU) wurde am 12. Februar 1950 gegründet.²⁴ Zu

22 vgl.: Die Berichterstattung des „Fernsehsenders Paul Nipkow“ von den Olympischen Sommerspielen 1936 <http://1936.dra.de/index.php?id=125> Stand 4.8.2012

23 vgl.: Otto (Hrsg.) 2008, 67 ff.

24 vgl.: Siegordner 2002, 5

ihr gehörten 23 Rundfunkanstalten. Darunter befand sich auch der erst kürzlich gegründete NWDR, der Nord-Westdeutsche Rundfunk. Die EBU ist mit dem Ziel gegründet worden, ein Netzwerk zum Austausch von Nachrichtenfällen aufzubauen....., Technische Entwicklung im Radio und Fernsbereich voranzutreiben und zu standardisieren.“²⁵ Im Jahr 1953 übertrugen alle Rundfunkanstalten der EBU die Krönungsfeierlichkeiten von Königin Elisabeth II.²⁶

Eine konsequente Entwicklung in der Übertragung war das Farbfernsehen. Dabei hatte der Ingenieur Walter Bruch das NTSC-System verbessert, das bislang bei Übertragungen sehr instabil war und somit selten genaue Farben lieferte. Diese Verbesserung erfolgte durch ein einfaches Prinzip, welches in der Wochenzeitschrift „Die Zeit“²⁷ wie folgt erklärt wurde: „PAL (Phase Alternate Line) faßt immer zwei Zeilen zusammen und benutzt dabei die zweite Zeile, um die Fehler der ersten wieder gutzumachen - indem es sie genau proportional umkehrt. Physikalisch ausgedrückt: auf den Minusfehler folgt der entsprechende Plusfehler. Zum Beispiel: um aus dem Tippfehler „hellrot“ das beabsichtigte „rot“ zu machen, tippt PAL in der nächsten Zeile „dunkelrot“. Das Auge empfindet dann den richtigen Mittelwert, rot.“

Es gelang Walter Bruch, sein System weltweit zu vermarkten. Denn neben dem PAL-System gab es noch das in Frankreich entwickelte SECAM, welches von politischer Seite Frankreichs wesentlich stärker gefördert worden ist. Bruch gelang es durch Vorführungen in vielen Ländern, das PAL-System zu etablieren.²⁸

2.1.4 Der Schritt zur elektronischen Berichterstattung (EB)

Die derzeitigen Übertragungen fanden lange Zeit noch über Telefonleitungen, manchmal aber schon über Funkwellen statt. Die mobile Berichterstattung war stark eingeschränkt, da sie einen riesigen logistischen Aufwand und starke Sendeanlagen benötigte. So fanden Übertragungen von tagesaktuellen Ereignissen in Europa nur selten statt.

Das größere Problem bei dieser Übertragung waren allerdings die technisch unzureichenden Fähigkeiten der elektronischen Kameras. Daher wurde jahrelang mit solchen Kameras gearbeitet, von denen der Film abgetastet wurde. Dies war allerdings sehr zeitaufwändig und verbrauchte eine Menge an schwerem und großem Equipment.

25 vgl.: Siegardner 2002, EBU - Geschichte und Aufbau, 7

26 vgl.: Higgins 2007, 12

27 vgl.: Wochenzeitschrift Die Zeit 15.8.1966

28 vgl.: Otto (Hrsg.) 2008, 396 ff.

So hatte zum Beispiel die NBC 1939 einen Kamera-, einen Entwicklungs- und einen Sende-Wagen. Da der Film auch eine gewisse Zeit zur chemischen Entwicklung brauchte, war keine echte Live-Übertragung möglich.²⁹ Das Equipment war sehr teuer und aufwändig zu bedienen, dazu noch recht unhandlich, folglich gab es hiermit kaum Nachrichtenübertragungen. Elektronische Berichterstattung (EB oder international ENG für Electronic News Gathering abgekürzt) fing damit erst nach dem Zweiten Weltkrieg an.³⁰ NBC nahm sein kommerzielles Programm 1941 in Betrieb. Dennoch war das Fernsehen ein Randmedium mit kaum gesellschaftlicher Bedeutung. Es herrschten die Wochenschauen in den Kinos als Nachrichtenmedium vor. Es war kaum möglich, tagesaktuelle Nachrichten sofort zu senden, wie es beim Radio durchaus schon üblich war. Ein weiteres Problem war, dass der Film in der Regel mit dem Auto zum Sender gebracht werden musste, um ihn dann dort schnell zu entwickeln. So erreichten Nachrichten aus dem Koreakrieg 1952 erst mit deutlicher Verspätung die Zuschauer.

Der englische Radio- und Fernsehjournalist Edward R. Murrow bezeichnete seine Kamera treffend als „thousand-pound pencil“³¹ Die britische Post entwickelte 1953 im Umkreis von London ein Kabelnetz, welches zur schnellen Übertragung von den Daten beitragen sollte, das so genannte LoCo. Bei diesem Verfahren wurden auf der einen Seite die Film abgetastet und auf der anderen Seite mit einem Projektor wieder auf Film belichtet. Allerdings waren hierbei die Ergebnisse sehr unbefriedigend³².

In der darauf folgenden Zeit wurde die Forschung mit elektronischen Bauteilen vorangetrieben und Transistoren lösten die Röhren ab. Diese Entwicklung vollzog sich auch im Fernsehbereich. Durch das Schrumpfen der Elektronikbauteile wie z. B. durch integrierte Schaltkreise war es möglich, Bauteile viel kleiner, handlicher, energieeffizienter und vor allem haltbarer zu produzieren. So wurden auch die elektronischen Kameras weiterentwickelt, wurden kleiner und leichter, so dass sie ein Kameramann auf der Schulter tragen konnte.

Ebenso löste das Magnetband den Film als Aufzeichnungsmedium ab. Obwohl dieses Band viele Nachteile in der Bildqualität gegenüber dem Film hatte, gab es einen entscheidenden Vorteil: Es musste zur Wiedergabe nicht entwickelt werden. Auf diese Weise konnte viel Zeit eingespart werden. Allerdings war nach wie vor die Recordereinheit von der Kamera abgesetzt. Die erste Aufnahme von Videodaten auf Magnetband fand mit dem Quadruplex-System der amerikanischen Firma Ampex statt³³, das eigentlich zur Datenerfassung von Computern gebaut worden war.

29 vgl.: Higgins 2007, 13

30 vgl.: Higgins 2007, 12
Schmidt 2009, 12-13

31 vgl.: Higgins 2007, 13

32 vgl.: Higgins 2007, 13

33 vgl.: Quadruplex von Ampex: <http://www.ampex.com/l-corp-history.html?start=30> Stand 5.8.2012

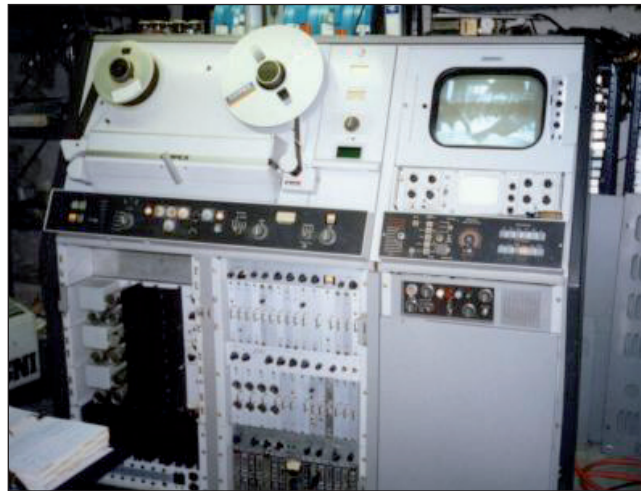


Abb. 4 Ampex-Magnetband mit dem Quadruplex-System

Der amerikanische Sender CBS übermittelte am 30. November 1956 drei Stunden nach der Aufnahme das Signal von New York nach Los Angeles.³⁴

Als professionelles Aufzeichnungsband setzte sich das U-Matic durch, welches Anfang der siebziger Jahre in den Fernsbereich einzog und erst 20 Jahre später durch Betacam abgelöst worden.³⁵ U-Matic hatte eine Magnetbandbreite von 19 mm. Einer der ersten Sender, der eine spontane tagesaktuelle Nachricht sendete, war ein Lokalsender aus Los Angeles, der zwei Stunden live eine Schießerei der Polizei übertrug, bis die Batterien der Kamera leer waren.³⁶

Allerdings waren diese Übertragungen nur über kurze Distanzen möglich, da die mobilen Sender nicht genug Leistung besaßen.

2.2 Satellitenübertragung

Die erste Idee zu einem Satelliten als Kommunikationsinstrument hatte der Science Fiction Autor Arthur C. Clarke. In einem Artikel aus dem Jahre 1945 in der Wireless World fragt er: „Can Rocket Stations Give World-wide Radio Coverage?“³⁷ Jedoch ging er in diesem Artikel nicht von einer baldigen Realisierung aus. 17 Jahre später wurde diese Vision mit dem Satelliten Telstar 1 wahr und in der jetzigen Zeit wäre eine vernetzte Welt ohne Satelliten nur noch schwer vorstellbar.³⁸

34 vgl.: Geschichte Ampex <http://www.ampex.com/l-corp-history.html?start=30> Stand 5.8.2012

35 vgl.: Schmidt 2009, 584 ff.

36 vgl.: Higgins 2007, 15

37 vgl.: Higgins 2007, 27 und Syncom II <http://www.boeing.com/defense-space/space/bss/factsheets/376/syncom/syncom.html> Stand 4.8.2012

38 vgl.: Wochenzeitschrift Die Zeit 15.6.1963



Abb. 5 Ausschnitt aus der „Wireless World“, Oktober 1945

Ausgangsbasis für ein Satellitensystem ist meistens der so genannte Satellitenbus, ein Satellit, der zwar schon mit einem kompletten Positionssystem, Steuerräumen und Solarzellen ausgestattet ist, allerdings noch keine Elektronik für seinen Bestimmungszweck enthält. Es ist sozusagen der Rohkörper für den späteren Satelliten. Diese Satellitenbusse sind günstiger als einen Satelliten von Grund auf neu zu entwickeln und zu bauen. Große Hersteller dieser Satellitensysteme sind Boeing und EADS.³⁹

2.2.1 Beginn der Satellitenübertragung

Der erste Kommunikationssatellit nahm im September 1962 seinen Dienst auf. Es handelte sich dabei um Telstar 1 von AT&T. Leider lag er nicht auf einer geostationären Umlaufbahn, so dass die Übertragung jeweils nur für maximal zehn Minuten aufrecht erhalten werden konnte, ohne die Satellitenschüssel neu auszurichten.

Allerdings löste der Telstar 1 eine Euphorie weltweit aus. So komponierte zum Beispiel die englische Pop-Band „Tornados“ ein Lied für den Satelliten, welches als erstes Lied einer englischen Band in die US-Charts kam.

Ebenso erfolgte im Sommer 1963 die erste Übertragung mithilfe eines Kommu-

³⁹ vgl.: Satellitenbusse von Eads <http://www.astrium.eads.net/de/programme/astra-1n-die-antwort-auf-die-hohe-nachfrage-fuer-digitales-und-hr-fernsehen.html/> Stand 20.6.2012

nikationssatelliten, wobei der letzte Satz der 9. Symphonie von Beethoven einmal von dem Philadelphia Orchester in den USA und taktgleich von der Eurovision gespielt wurde.⁴⁰ Der erste geostationäre Satellit war der Syncom 2, der am 26. Juli 1961 seinen Dienst aufnahm. Er ermöglichte es, Videoverbindungen über mehr als zehn Minuten mit einem Satelliten zu übertragen, nämlich dauerhaft, da er geostationär war. Der Vorteil eines geostationären Satelliten ist es, eine fixe Antenne zu nutzen. Die Antenne musste also nicht wie vorher üblich den Satelliten mitverfolgen. Das Konzept der geostationären Satelliten hat sich bis heute durchgesetzt.

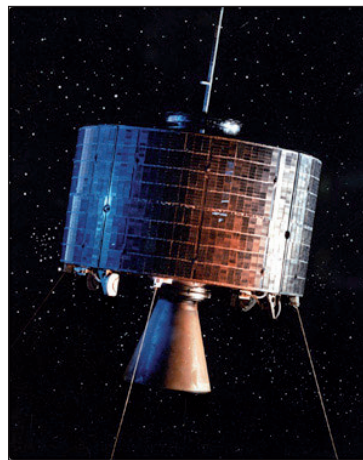


Abb. 6 Der Syncom 2-Satellit

Sein Nachfolger, der Syncom III, übertrug im Jahre 1964 die Olympischen Spiele aus Tokio.⁴¹

In Deutschland begegnete man anfänglich diesem Projekt mit großer Skepsis, so sagte zum Beispiel der damalige CSU-Bundestagsabgeordnete Dr. Gleisner: „Es gibt schließlich höhere Lebenswerte als die Errichtung einer Telstar-Bodenstation. Richard Stücklen (der damalige Postminister, Anm. d. Verf.) geht es bloß ums Technische, uns um den Grundsatz, eine noch weitergehende Verschandelung des Landes zu verhindern“. ⁴² Dennoch haben sich in der darauffolgenden Zeit auch in Deutschland die Satellitenübertragungen durchgesetzt.

Jedoch war dieses mit sehr viel Aufwand und Technik verbunden, so dass Satelliten nur zu kontinentalen Übertragungen eingesetzt wurden. Das tagesaktuelle Geschehen war noch weit davon entfernt, mit Satelliten übertragen zu werden.

40 vgl.: Wochenzeitschrift Die Zeit 15.6.1963

41 vgl.: Syncom III <http://www.boeing.com/defense-space/space/bss/factsheets/376/syncom/syncom.html> stand 20.7.2012

42 vgl.: Wochenzeitschrift Die Zeit 15.11.1963

Das erste große Medienereignis, bei dem in den Nachrichtenreportagen vermehrt der Einsatz von Satellitentechnik verwendet wurde, war der Vietnamkrieg, der von 1957 bis 1975 stattfand. Dieser Krieg war auch der erste Krieg, der medial geführt wurde. Dabei wurde versucht, auf der amerikanischen Seite die Medien für sich zu gewinnen, was allerdings gegen Ende des Krieges fehlgeschlagen ist. Die Grausamkeiten, die an einem Tag ins amerikanische Fernsehen übertragen wurden, hinterließen bei der amerikanischen Kultur bis heute einen tiefen Eindruck.⁴³

Allerdings war diese militärische Nutzung zur Übertragungen von Videodaten in der Satellitentechnik der bedeutende Schritt in das moderne Zeitalter der mobilen Berichterstattung via Satellit.

Eine Berichterstattung über Satelliten war sehr teuer und aufwändig. Nur die ganz großen Sender betrieben für besondere Ereignisse SNGs. In den USA konnten sie ebenso nicht kurzfristig benutzt werden, da das verwendete C-Band bei der FCC (Federal Communications Commission) angemeldet und genehmigt werden musste. Diese änderte sich mit der Verfügbarkeit von Ku-Band in den frühen achtziger Jahren.

1984 wagte der lokaler Senderbesitzer Stanley Hubbard einen Satellitenwagen zu bauen und ein Netzwerk aufzubauen, um Materialien über Satellit auszutauschen. Dies war das so genannte Conus-Netzwerk, welches 2001 seinen Betrieb beendete.⁴⁴ In England baute die IBA (International Broadcast Association) im Jahr 1979 eine Satelliteneinheit auf einen Anhänger. Die Antenne dieser Satelliteneinheit hatte einen Durchmesser von 2,5 m. 1979 entwickelte das Unternehmen GEC Mc Michael in Zusammenarbeit mit Marconi Space and Defense, einem Unternehmen, welches ebenfalls zur GEC Gruppe gehörte, einen Uplink, um Eutelsat-Satelliten anzupeilen.

Die BBC baute 1981 ihren eigenen Uplink auf einen Anhänger. Von nun an begann der Siegeszug der SNGs. GEC Mc Michael stellte 1985 eine portable Lösung vor, ein so genanntes Fly-away-System. Dieses System wurde dafür konzipiert, um die ganze Sendeeinheit in einem Flugzeug in abgelegene Gebiete zu transportieren und dort mobil aufzubauen.

In Europa setzten sich 1994 durch die Entwicklung neuer Codecs, vor allem mit dem Codec MPEG 2, die digitalen SNGs durch.

Bereits 1997 sind die digitalen SNGs Standard in Europa geworden. Sie ermöglichen es, dass wesentlich weniger Sendeleistung gebraucht wird und dass die Satellitenschüsseln deutlich kleiner gestaltet werden können.

43 vgl.: Wochenzeitschrift Die Zeit 23.7.1971

44 vgl.: Higgins 2007, 10

Um die Jahrtausendwende brachten verschiedene Hersteller Ultra portable Lösungen auf den Markt. Hierdurch war es quasi möglich, dass ein Journalist eine ganze Satellitensendeanlage in seinem Handgepäck im Flugzeug mitnehmen konnte. Als Beispiel ist hier der Hersteller SweDish mit seinem IPT-Terminal zu nennen.⁴⁵ Lange Zeit dominierten die so genannten DTH-Verbindungen (Direkt to home). Dies bedeutet, dass der Satellit eine direkte Verbindung zwischen Sender und Empfängern erstellt.

2.2.2 Satellitenübertragung mit Hilfe eines Internetprotokolls (SNG over IP) – die Anfänge

Um das Jahr 2005 setzte sich jedoch auch eine Alternative zu dieser Verbindung durch: SNG over IP. Diese Lösung ermöglicht es, eine direkte Internetanbindung ohne eigene Übergabestation am Terminal zu erreichen. Dafür hat der Satellitenbetreiber eigene Knotenpunkte, die die Verbindung herstellen. Der Vorteil liegt in der Kostenreduktion, auf die später noch eingegangen wird. Dieses System ist mit dem Start von BGAN Mitte 2005⁴⁶ und dem Aufkommen des effizienten H.264-Codecs beschleunigt worden.

Ein weiterer Schritt in dieser Entwicklung erfolgte im Sommer 2011, als der Satellitenbetreiber Eutelsat seinen neuen Ka-Sat ins All schoss. Laut Eutelsat brach hiermit eine neue Ära in der mobilen Berichterstattung an.⁴⁷ Dieser Satellit ermöglicht eine mobile Internetanbindung mit extrem hohen Datenraten, ist aber in der Übertragungsgeschwindigkeit letztendlich abhängig von der Übergabestelle und deren Anbindung. Genauer wird auf die oben genannten Systeme in Kapitel 4.4 eingegangen.

2.3 Die Entwicklung des Mobilfunks in Deutschland

Von der Entwicklung von Marconis Funktelegraphen bis zum heutigen Netz gab es einige Vorläufer, die die Entwicklung in diese Richtung geführt haben.

So gab es zum Beispiel bereits 1926 in den Personenzügen der Deutschen Reichsbahn und Reichspost auf der Strecke zwischen Hamburg und Berlin für die 1. Klasse eine Funktelefonverbindung.⁴⁸

Im Jahr 1985 hat sich in Deutschland das C-Netz durchgesetzt. Allerdings war

45 vgl.: Higgins 2007, 19

46 vgl.: Inmarsat-Bgan: http://www.globalcoms.com/products_satellite_bgan.asp Stand 6.8.2012

47 vgl. Sylogic-Newsspotter: http://www.film-tv-video.de/videoreport_details+M51223b016bd.html Stand 20.6.2012

48 vgl.: Wie entwickelte sich der digitale Mobilfunk in Deutschland? <http://www.izmf.de/de/content/wie-entwickelte-sich-der-digitale-mobilfunk-deutschland> Stand. 15.7.2008

dieses ein leitungsorientiertes Netz und diente lediglich zur Herstellung von Sprachverbindungen.

1992 wurde in Deutschland im Handynetz das GSM-Protokoll eingeführt, auf welchem später auch GPRS und EDGE aufbaute.

Allerdings hat sich das EDGE-Protokoll kaum durchgesetzt, da es von UMTS in der Entwicklung überholt wurde. Im August 2000 wurden die UMTS-Frequenzen von der Bundesnetzagentur versteigert. Der reguläre Betrieb mit UMTS startete in Deutschland im Jahre 2004. Allerdings waren diese Datendienste aufgrund ihrer Datenraten für das Broadcasting von Videoinhalten nicht geeignet.

Im Jahre 2007 begann in Deutschland der Ausbau von HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), welcher auf UMTS aufbaut. Durch dieses neue Protokoll mit seinen verschiedenen Derivaten waren nun theoretisch Datenraten von bis zu 21,6 Mbit/s.⁴⁹ Zur weiteren Abdeckung von ländlichen Gebieten wurden Ende Mai 2010 die Frequenzen, die aus der digitalen Dividende (der Abschaffung des analogen Fernsehens zu Gunsten von DVB-T) versteigert.

Im Dezember desselben Jahres nahm Vodafone als erster Provider in Deutschland den kommerziellen Betrieb mit LTE (Long Term Evolution) auf. Kurze Zeit später folgte die Telekom-Tochter T-mobile. Ebenso wie es bei UMTS die Weiterentwicklung HSDPA gab, gibt es bei LTE die Weiterentwicklung von LTE zu LTE-Advanced. Dieses System soll im Jahr 2013 für den Endkunden verfügbar sein.⁵⁰

3 Die theoretischen Grundlagen

3.1 Verpacken von Videodaten

Wozu verpackt man Videodaten? Beim Verarbeiten von Videomaterial werden große Mengen von digitalen Daten erzeugt. Beim Standard-Definition (SD)-Bildformat entstünde im unkomprimierten Format schon eine Datenrate von ca. 270 Mbit/s, das High Definition (HD)-Bildformat mit einer höheren Auflösung hingegen benötigt ungefähr die fünffache Datenrate, nämlich 1,485 Gbit/s. Diese Datenrate sprengt die Leistung vorhandener Satelliten-Transponder, welche nach dem heutigen Stand bei der Arbeit im zivilen Bereich bei maximal 20 Mbit/s beim Ka-Band⁵¹ liegt und welche sich in der

49 vgl.: Sauter 2011, 165

50 vgl.: Sauter 2011, 282

51 vgl. Sylogic- Newsspotter: http://www.film-tv-video.de/videoreport_details+M51223b016bd.html
Stand 20.6.2012

gebräuchlichen Übertragung bei 8 Mbit/s bewegt. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, muss vor der Übertragung eine wesentliche Verminderung der Datenrate stattfinden. Hierbei fallen oft die Begriffe Datenreduktion und Datenkomprimierung. Dabei ist zu beachten, dass die Kompressionsverfahren im Fernsehbereich fast ausschließlich mit Verlust behaftete Datenreduktionen sind.

Doch wie kommt man dann zu einer notwendigen Datenreduktion über den Faktor 100? Um diese zu erreichen, nutzt der Encoder verschiedene Arten der Datenreduktionen, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen werden soll.

3.1.1 Farbunterabtastung

Ein fotografisches Bild wird in der Regel im RGB-Modus aus dem Sensor ausgelesen (R - Rot, G - Grün, B - Blau).

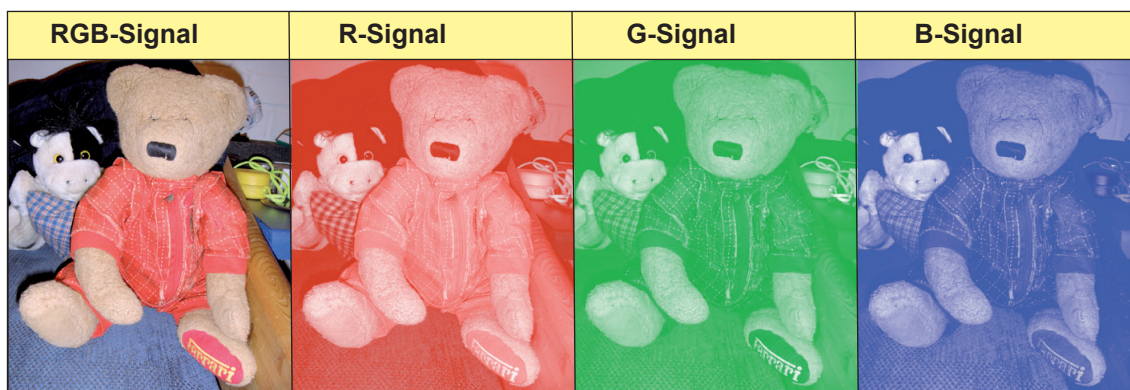


Abb. 7 RGB-Signal aus den Farben Rot, Grün und Blau

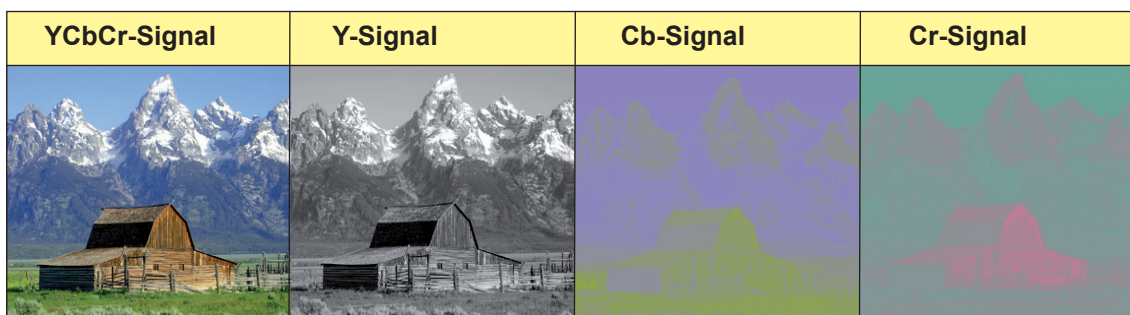


Abb. 8 Cb-, Cr- und Y-Signal

Weil das menschliche Auge Luminanzwerte aber besser differenzieren kann als Farbwerte, wird das RGB-Signal im Prozessor der Kamera umgewandelt. Dabei werden die

Luminanzsignale hochauflösend übertragen und die Farbdifferenzsignale aus den benachbarten Pixeln übernommen.

Folgende Formel erklärt das *YCbCr* - Modell: ⁵²

$$Y \text{ (Luminanzbild)} = 0,2126 R \text{ (Rot)} + 0,7152 G \text{ (Grün)} + 0,0722 B \text{ (Blau)} \text{ für HD}$$

Zu dieser Formel gehören ebenfalls die beiden Formeln zur Berechnung der Farbdifferenz U sowie der Farbdifferenz V. Für Hd-Signale

$$\text{Farbdifferenzsignal Cb} = (B - Y) \times 0,5389$$

$$\text{Farbdifferenzsignal Cr} = (R - Y) \times 0,6350$$

Das bedeutet, dass U eine Differenz zwischen der Luminanz Y und der Farbe Blau, sowie V eine Differenz der Farbe Rot und der Luminanz Y ist. Die Variablen bewegen sich dabei zwischen den Werten 0 (für zum Beispiel kein Blau) bis 1 (für volles Blau). ⁵³ Die oben beschriebene Wahrnehmungsfähigkeit des menschlichen Auges nutzt man für eine Reduktion der Farben.

Hierbei gibt es folgende Standards:

– 4 : 4 : 4

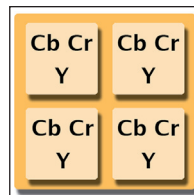


Abb. 9 Pixelmodell YCbCr bei 4:4:4

Bei 4 : 4 : 4 werden für jedes Pixel die Informationen *YCbCr* mit übertragen. Dies findet vor allem in der Spielfilmproduktionen bei digitalen Kameras seinen Einsatz, wie zum Beispiel bei der Red One. Hierdurch findet eine vollständige Übertragung der Luminanz- und der Farbwerte statt. Das hat in der digitalen Nachbearbeitung den Vorteil, einen großen Spielraum für die individuelle Farbkorrektur zu haben.

– 4 : 2 : 2

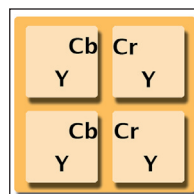


Abb. 10 Pixelmodell YCbCr bei 4:2:2

⁵² vgl.: Schmidt 2009, 83

⁵³ vgl.: Schmidt 2009, 84

Wie schon oben erwähnt, nimmt das menschliche Auge Kontrast stärker wahr, als es Farben wahrnehmen kann. Bei 4 : 2 : 2 wird gegenüber der Farbwahrnehmung Cb, Cr und Y mit voller Auflösung übertragen. Bei Cr und cb werden die Daten nur zu 50 % weiterverarbeitet. Das bedeutet, dass in einem 4 × 4 Pixelblock nur zwei Pixel einen Cr- und jeweils zwei Pixel einen V-Wert haben. Die Informationen werden aus einem Mischwert berechnet.

– 4 : 2 : 0

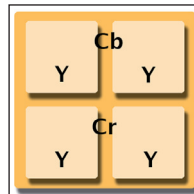


Abb. 11 Pixelmodell YCbCr bei 4:2:0

Hier werden jeweils zwei Pixel zu einem neuen Wert zusammengefasst. Die Berechnung erfolgt wie auch bei 4 : 2 : 2 durch Mittelwertberechnung.

Es wäre der Vollständigkeit halber auch noch der Standard 4 : 1 : 1 zu erwähnen, der hier allerdings nicht genauer behandelt wird, da er in der Industrie keine allzu große Verbreitung hat. Ebenso lässt sich auch hier das Funktionsprinzip aus den anderen Standards ableiten.

3.1.2 Diskrete Cosinustransformation und Derivate

Die Diskrete Cosinustransformation (DCT) ist eine weitere Möglichkeit, die Daten zu beschränken. Hierbei wird der digitale Bildinhalt analysiert und in mathematische Gleichungen aufgeteilt.

Dabei werden Bildobjekte mit geringem Detailvorkommen, wie zum Beispiel blauer Himmel, einer niederfrequenten Formel zugewiesen. Bilder mit sehr viel Detailreichtum, wie zum Beispiel Haare, erhalten eine hochfrequente Formel.

Diese verschiedenen hochfrequenten und niederfrequenten Formeln werden in Blöcke zusammengefasst. Diese Art der Reduktion ist allerdings noch nicht effizient, dafür aber verlustfrei. Allerdings wird bei der DCT-Kompression immer eine Quantifizierung angewendet, welche dann zu Verlusten führt. Hierbei werden die acht Blöcke auf einen geraden Wert aufgerundet. In einem Bild geht hierdurch die Zeichnung in feinen Strukturen jedoch verloren.

Dies ist aber kein allzu großer Verlust, da das menschliche Auge feine Strukturen nicht so genau wahrnimmt wie grobe Strukturen.⁵⁴

Die DCT-Kompression genauer zu beschreiben, würde den Rahmen dieser Publikation sprengen, zumal sie auf sehr komplexen mathematischen Funktionen beruht.⁵⁵

Die Weiterentwicklung von DCT ist die hybride DCT und die Wavlet-Transformation.

3.1.3 Long Group Of Pictures (Long GOP)

Long GOP ist eine weitere Möglichkeit der Datenreduktion. Hier werden die Daten in einer Gruppe von Bildern aufgeteilt. Bei diesem Fachterminus steht das GOP für Group Of Pictures. Bei dieser Art der Reduktion werden drei verschiedene Arten von Bildern untersucht.

- Intra-Frames

Intra-Frames beinhalten die Daten des ganzen Bildes. Hier werden alle Informationen übertragen. Man braucht kein vorausgegangenes oder nachfolgendes Bild, um dieses Bild komplett zu encodieren.

- Predictive coded

Dieses Bild enthält die Differenz-Informationen des vorangegangenen Intra-Frames-Bild. Dabei verbraucht es nur ein Drittel des Speicherbedarf eines Intra-Frames-Bildes.

- Bidirectional Frame

Das Bidirectional-Frame-Bild enthält die Differenzinformation des vorangegangenen und des nachfolgenden I- oder P-Bildes. Dieses Bild braucht nur die Hälfte der Speicherbedarf eines P-Bildes.

Eine typische Verwendung ist $M=3$ $N=12$. Dabei steht M für den Abstand der Anchorframes, das sind I- oder P-frames. N steht dabei den Abstand, bis sich das I-Frame wiederholt.

Bei der Motion estimation wird nicht mit jedem Bild der ganze Bildinhalt übertragen. Die Bilder dazwischen sind nur Differenzsignale, die Informationen entweder aus dem Vollbild oder Differenzsignale aus dem Differenzsignal-Bild des Vollbildes⁵⁶ nehmen. Je nach Einstellung wird zum Beispiel nur jedes sechste Bild vollständig übertragen. Alle anderen Bilder übertragen nur die Differenz, also die Bewegungen, die in dem Bild stattfinden.

54 vgl.: Schmidt 2009, Kapitel 3.2.3

55 vgl.: Fourier Reihentransformation

56 vgl.: Higgins 2007, 186 Abbildung 4.13

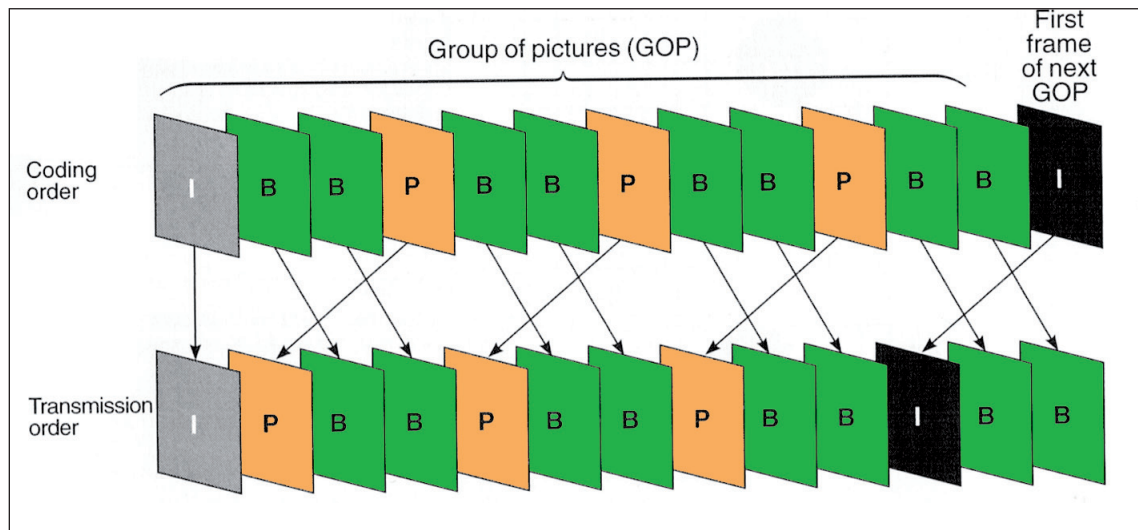


Abb. 12 schematische Darstellung einer Group Of Pictures (GOP)

Dabei muss allerdings eine Motion estimation stattfinden. Um diese durchführen zu können, werden die Bilder in einer anderen Reihenfolge übertragen als sie encodiert werden. Wie in der Abbildung zu erkennen, wird zum Beispiel das P-Bild vor die beiden B-Bilder gesetzt, damit der Decoder die Bewegung „vorhersagen“ kann. Der Decoder ordnet die Bilder, nachdem er sie richtig codiert hat, zum Abspielen wieder in die richtige Reihenfolge. Dadurch kann man eine immense Reduktion erzeugen. Allerdings ergibt sich auch hier ein großer Nachteil, da es durch das Verschieben der einzelnen Bilder in der Übertragungsreihenfolge auch zu einer relativ hohen Latenzzeit kommen kann. Diese liegt je nach Rechenleistung des Decoders aber im meist vernachlässigbaren Millisekundenbereich.

3.1.4 8-Bit-Quantisierung

Eine weitere Möglichkeit die Daten zu reduzieren ist die Einschränkung des Farbraumes von zum Beispiel 10 Bit auf 8 Bit. Ein Unterschied zwischen 8 Bit und 10 Bit ist nur sehr schwer zu erkennen, da unser menschliches Auge die Farben nicht so genau auflöst. Allerdings ist es für die Verarbeitungskette, wie z.B. für nachträgliches Color-Grading, ein erheblicher Unterschied, da mit 10 bit wesentlich bessere Ergebnisse erzielt werden können.

Hierdurch kann man wiederum erhebliche Dateimengen einsparen.

- 8 Bit = 256 Farben
- 10 Bit = 1024 Farben

3.1.5 Variable Längen-Codierung und Runtime Length-Codierung (VLC und RLC)

Es gibt ebenso noch weitere Datenreduktionen, die häufig angewendet werden. Dies sind die VLC und die RLC.

VLC steht für variable Längenkodierung. Dies bedeutet, dass man Symbole, die besonders oft vorkommen, durch ein Mapping ersetzt, das auf der statistischen Häufigkeit basiert und in Binärzahlen kürzer ist. Es ist ein Grundprinzip, das anfänglich schon beim Morse-Alphabet verwendet wurde (zum Beispiel anstatt Buchstabe m = Buchstabe 13 im Alphabet = Morsezeichen – –). Selbstverständlich muss der Decoder diese Daten auch wieder entschlüsseln können. Daher wird ihm entweder direkt im Header die Anleitung dazu gegeben, oder sie ist im Bild bzw. selber als Tabelle gespeichert. Eine Erweiterung dieser Kodierung stellt der Runtime Length Codec (RLC) dar. Er beruht genauso wie der VLC auf der Datenreduktion durch Ersetzen durch kürzere Zahlenblöcke. Allerdings wird hierbei die zeitliche Dauer durch das Auftreten der Codes vermerkt. Tritt zum Beispiel ein Code in mehreren Bildern hintereinander auf, so wird dies vermerkt, damit der Code nicht mehrfach hintereinander geschrieben werden muss.

3.1.6 Container und Codecs

Über die Begriffe der so genannten Container und Codecs gibt es viele Ungenauigkeiten. Daher soll in diesem Kapitelabschnitt erläutert werden, welches die gebräuchlichsten Codecs und Container sind, worin sie sich unterscheiden und wie sie funktionieren.

Der Begriff Codec leitet sich ab von dem Wort codieren bzw. decodieren. Ein Codec ist also ein Verfahren bzw. ein Programm, welches Datenströme reduziert verpacken und wieder entpacken kann. Dabei verwendet ein Codec die bereits vorher be-

schriebenen Datenreduktionen.

Ein Container ist sozusagen die Verpackung für die Datenraten. Es können mehrere Codecs in einem Container vorkommen. So kann zum Beispiel das Bildmaterial mit H.264 und die Tondatei mit AAC codiert sein. Ebenso kann er weitere Daten, zum Beispiel für Untertitel und Schnittstellen (API) für andere Software enthalten.

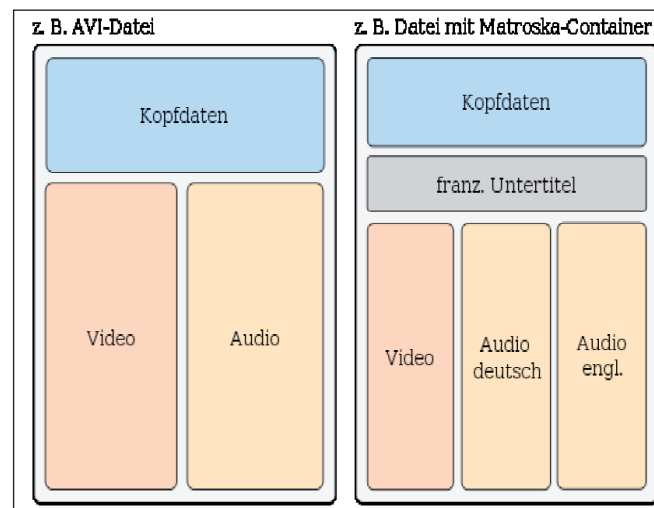


Abb. 13 schematische Darstellung eines Containers

Häufig verwendete Codecs sind:

- H.264 Avc ein sehr effektiver, aber auch rechenintensiver Codec, sein offizieller Name ist MPEG 4 part 10 ⁵⁷
- h.263 Vorgänger von H.264, er wurde überwiegend für Video-konferenzen entwickelt ⁵⁸
- ProRes von Apple® für die Postproduktion entwickelt
- Avid DNxHD Digital Nonlinear Extensible High Definition, von Avid für die Postproduktion entwickelt
- DvcProHD ein Codec, der überwiegend bei Kameras für die Aufzeichnung eingesetzt wird
- AvcIntra Advanced Video Codec - Intra Frame Only, ein von Panasonic entwickelter Codec von hoher Effizienz für Intra-Bilder

⁵⁷ vgl.: Biebler 2007, 25

⁵⁸ vgl.: Biebler 2007, 24

Häufig verwendete Container sind:

- mov ein Containerformat von Quicktime
- mxf universaler und vor allem im Broadcast eingesetzter Container
- mp4 ein von MPEG entwickeltes Containerformat

3.1.7 MPEG-2 und MPEG-4/ Geschichte von MPEG

MPEG ist die Abkürzung für die Motion Picture Expert Group, die seit 1985 tätig ist. Sie besteht aus mehreren Mitgliedern aus Wirtschaft und Forschung.

Diese Expert Group ist eine Arbeitsgruppe der ISO/IEC mit der Aufgabe, internationale Standards zu entwickeln. „The development of international standards for compression, decompression, processing, and coded representation of moving pictures, audio and their combination“⁵⁹

1994/95 veröffentlichte sie mit MPEG-2 ein Format, das es erlaubt, Ton- und Videodaten in Fernsehqualität mit bis zu 15 MB/s zu übertragen.

Nach drei Jahren Entwicklungszeit wurde im Jahr 2001 MPEG-4 veröffentlicht, welches eine wesentlich bessere Codierung als MPEG-2 ermöglicht.

Im Jahre 2002 wurde H.264 veröffentlicht. Dabei ist H.264 nur die Bezeichnung der International Telecommunication Union (ITU). Die offizielle Bezeichnung lautet MPEG-4 Part 10.

Momentan entwickelt MPEG in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut Heinrich Hertz das Codiervorgang HEVC als Nachfolger von H.264.

3.1.8 Die Zukunft, Forschungen des Fraunhofer Heinrich Hertz Instituts und erste Erfolge von HEVC/H.265

Das Fraunhofer Heinrich Hertz Institut forscht an der Weiterentwicklung des H.264 Codes. Dieser Codec ist allerdings noch als fertiger Standard verabschiedet und wird oft fälschlicherweise als H 265 bezeichnet. Die momentane Bezeichnung ist HEVC, diese Abkürzung steht für High Efficiency Video Coding. Dieser Codec erreicht messtechnisch

⁵⁹ vgl.: Who we are mpeg group http://mpeg.chiariglione.org/who_we_are.php, Stand 20.6.2012

eine bessere Performance als der H.264 Codec und erreicht bei gleicher objektiver Qualität eine Bitratenreduktion um 30 %. Die erreichte subjektive Bitratenreduktion ist allerdings wesentlich höher. So haben Messungen Anfang dieses Jahres (2012) gezeigt, dass eine Bitratenreduktion von 50% bei gleicher subjektiv wahrgenommener Qualität erreicht wird. Das war auch das Entwicklungsziel. Dabei wurde Probanden mit H.264 und HEVC codiertes Videomaterial gezeigt, welches sie dann in der Qualität beurteilen mussten.

Ein Teil der Reduktion wird dadurch erreicht, dass man sich von den starren Blockstrukturen gelöst hat, wie sie noch bei H.264 üblich waren. Die Blockstrukturen können dynamisch den Bildinhalten angepasst werden, so dass man nicht mehr zwingend auf die festen Blockstrukturen von H.264 angewiesen ist. Dadurch kann die block-basierte diskrete Cosinus Transformation (DCT) effektiver angewendet werden.

Eine weitere Entwicklung ist die Optimierung der Interprädiktion durch Bewegungsvektoren sowie der richtungsabhängigen Intraprädiktion, die durch größere Blöcke in mehr Winkel aufgelöst werden können und somit wieder wesentlich effektiver sind. Dabei wurde in der Entwicklung Rücksicht auf die Zukunft genommen. Es wurden von Anfang an professionelle Formate mit einbezogen. So wird eine Auflösung von 8k in der HEVC explizit unterstützt. Allerdings beherrscht dieses Verfahren in der ersten Version keine optimierte interlaced Codierung der Halbbilder. Diese können dennoch verarbeitet werden, wenn sie als ganze Bilder abgespeichert und codiert werden. In der ersten HEVC-Version wird das Farbsampling allerdings auf 4:2:2 beschränkt sein^{60 61}. Eine Veröffentlichung ist für den Januar 2013 geplant.⁶²

3.2 Die Wahl des Encoders/ Decoders, Hardware oder Software?

Häufig stellt sich die Frage nach der Wahl des Decoders oder Encoders. Um diese Frage zu beantworten, ist es wichtig zu wissen, dass es zwei Systeme gibt:

1. die auf Software basierenden, die auf einem leistungsstarken Computer aufbauen und
2. die auf Hardware basierenden Decoder/ Encoder. In diesem Abschnitt wird auf die Vor- und Nachteile beider Systeme eingegangen.

Die softwarebasierten Decoder/ Encoder haben den Vorteil, dass sie preislich

⁶⁰ vgl.: Interview Bross, 3.7.2012

⁶¹ vgl.: Bross/ Sullivan/ Wiegand, HEVC text specification draft 7
http://phenix.int-evry.fr/jct/doc_end_user/current_document.php?id=5885

⁶² vgl.: Stephen Shankland, Qualcomm shows horsepower of next-gen H.265 video
http://reviews.cnet.com/8301-13970_7-57387626-78/qualcomm-shows-horsepower-of-next-gen-h.265-video/

etwas günstiger als die hardwarebasierten Geräte sind. Allerdings bedarf es hierfür eines leistungsfähigen Computers, der je nach gewünschter Auflösung und Datenrate die Signale umcodiert. Ein Videosignal kann auch über eine Capturekarte oder über eine Firewire-Schnittstelle in den Computer gespeist werden. Die Vorteile sind, dass dieses System durch ein simples Software-update wachsen kann, außerdem sind schnelle Updates nahezu jederzeit und unkompliziert möglich. Ein weiterer Vorteil ist es, dass es auch wesentlich leichter ist, Makros und kleine Hilfsprogramme zu programmieren. Ebenso kann man die Schnittstellen, die man einsetzen möchte, modular anpassen. Dieses ist bei einem Hardwaredecoder nicht möglich. Allerdings sind handelsübliche Computersysteme nicht so stabil wie Hardware-Decoder, die nur für diesen Einsatzzweck gebaut worden sind.

Jedoch ist zu beachten, dass die auf Software basierenden Encoder nicht ohne Weiteres für das Senden über eine „klassische“ SNG geeignet sind, da sie nicht ohne Weiteres ein L-Band Signal ausgeben können. Dies trifft allerdings auf viele Encoder zu. Auf Hardware basierende En-/Decoder sind heutzutage einem Computersystem sehr ähnlich. So arbeiten sie mit gleichen Prozessortypen und meistens mit einem Unix-Betriebssystem. Als Beispiel soll hier der Teradek Cube erwähnt werden.

Das Besondere an diesem Encoder ist, dass er das decodierte Signal gleich in einen IP-konformen Stream umwandelt und somit den Content gleich streamen kann. Jedoch sind die meisten dieser Geräte nicht modular veränderbar und können aufgrund ihrer gebauten Kapazität selten neue Codecs verarbeiten. Sie zeichnen sich durch eine sehr hohe Stabilität aus und verfügen in der Regel über vorgefertigte Schnittstellen wie HDMI und SDI.



Abb. 14 Teradek H.264-Encoder für IP-Protokolle

3.3 Komprimierung bei Funkübertragung

Selbstverständlich gibt es noch Komprimierungsverfahren bei der Funkübertragung. Sie alle zu erläutern, würde an dieser Stelle zu umfangreich sein. daher sollen hier nur die elementarsten Verfahren genannt werden..

Neben der schon aus der Rundfunkübertragung bekannten Phasen- und Frequenzmodulation gibt es noch die Möglichkeit der digitalen Modulation. Bei dieser Modulation werden die Phasen verschoben, so dass das Trägersignal wesentlich mehr Informationen verarbeiten kann.

Zusätzlich gibt es noch diverse Korrekturverfahren, die kleine Übertragungsfehler wieder korrigieren können wie z.b FEC (Forward Error Correction) oder die Anwendung von Faltungscodes. Allerdings beruhen diese auf sehr mathematisch komplexen Modellen, so dass auch hier eine detaillierte Betrachtung über den Rahmen dieser Publikation hinausgehen würde.

Bei IP-basierten Übertragungen gibt es auch noch die Möglichkeit, dass die Empfängerseite korrupte Daten erneut anfordert und einsetzt.

4. Senden über Satellitensysteme

4.1 Satellitensysteme

Wie der österreichische Forscher Hermann Noordung schon 1929 publizierte, muss ein Objekt, welches sich stationär zur Erde bewegen soll, eine Höhe von 35.785 Kilometern von der Erdoberfläche und eine Umlaufgeschwindigkeit von 11.069 km/h haben.⁶³

Heutzutage sind alle für das Fernsehen relevanten Satelliten geostationär. Um das zu erfüllen, müssen eben die folgenden Bedingungen erfüllt sein, zum einen der Abstand von 36.000 km über der Erde, zum anderen eine Position direkt über dem Äquator, da ein Punkt dieser Umlaufbahn sich in einer Ebene befindet, die durch den Äquator geht. Das bedeutet in der Praxis, dass sich alle Satelliten in einem äquatorialen „Gürtel“ um die Erde herum befinden.

⁶³ vgl.: Syncom II, <http://www.boeing.com/defense-space/space/bss/factsheets/376/syncom/syncom.html>, Stand 4.8.2012

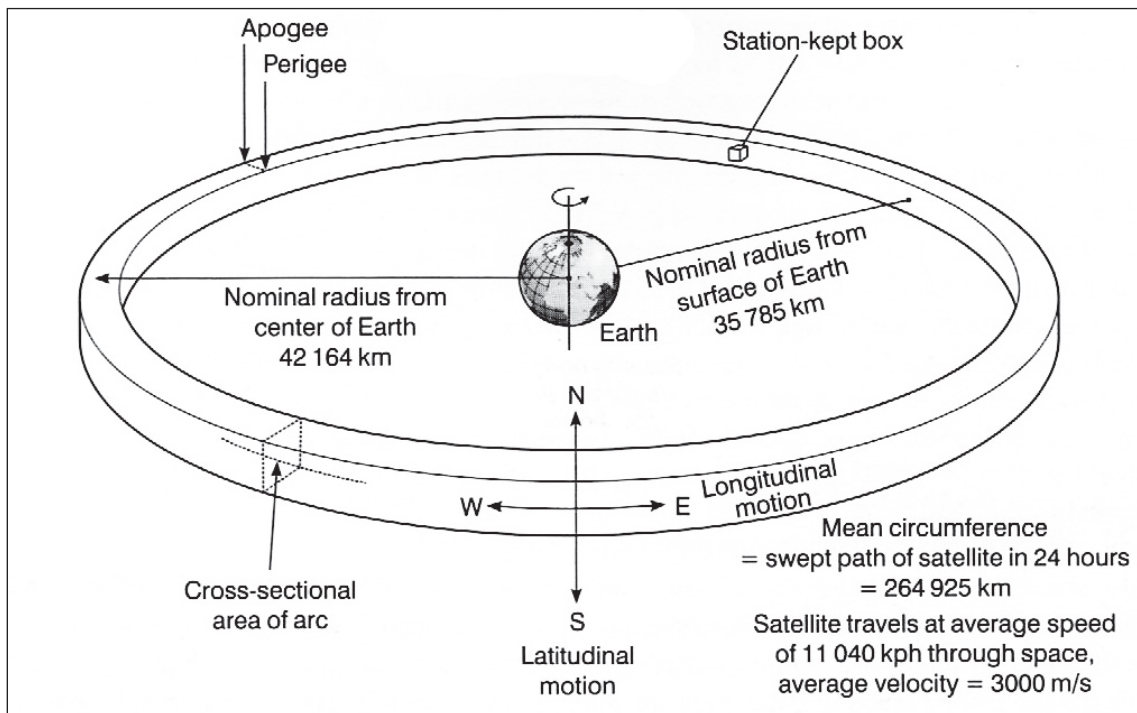


Abb. 15 Geostationäre Satellitenumlaufbahn

Wenn der Satellit mit einer Geschwindigkeit von mehreren tausend Kilometern in der Stunde über die Erde fliegt, muss er dabei seine Position halten, damit auch seine Antennen stets exakt ausgerichtet sind. Um dieses zu gewährleisten, werden permanent kleine Manöver durchgeführt, um den Kurs zu halten. Dazu befindet sich der Satellit in einer so genannten imaginären Box. Damit ist ein Gebiet gemeint, in welchem der Satellit kontinuierlich die Spur einer gedachten Acht abfliegt und dabei minimale Steuerkorrekturen vornimmt. Diese fiktive Box hat die Maße von 75×75 km und in der Tiefe 35 km.⁶⁴

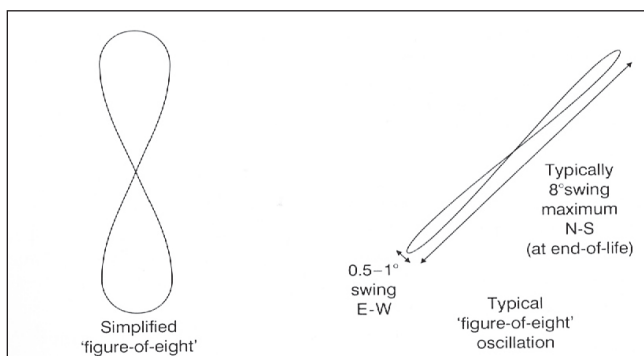


Abb. 16 Flugkurs eines Satelliten

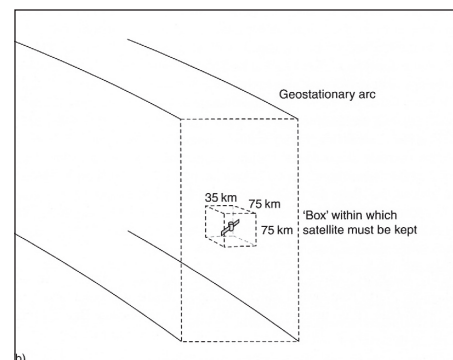


Abb. 17 Die imaginäre Box innerhalb der Satellitenumlaufbahn

64 vgl.: Higgins 2007, 39-41

4.1.1 Positionierung der Satelliten

Die Satelliten befinden sich auf einer Umlaufbahn über dem Äquator. Der Breitengrad ist somit als Standort klar definiert, er entspricht nämlich 0° , was im Gradnetz der Erde dem Äquator entspricht. Daher bestimmt man die Position der Satelliten einzig über den Längengrad, da dieser nicht durch die physikalischen Bedingungen fest vorgegeben ist. Den Längengrad bezeichnet man als Meridian.

„Die Meridiane werden vom Meridian von Greenwich aus, der seit 1911 als Nullmeridian gilt, nach Osten und Westen bis zu 180° beziffert, so dass der 180. Grad westlicher und östlicher Länge zusammenfallen.“⁶⁵

Im folgenden Absatz wird dieser Sachverhalt anhand eines praktischen Beispiels nähergehend erläutert:

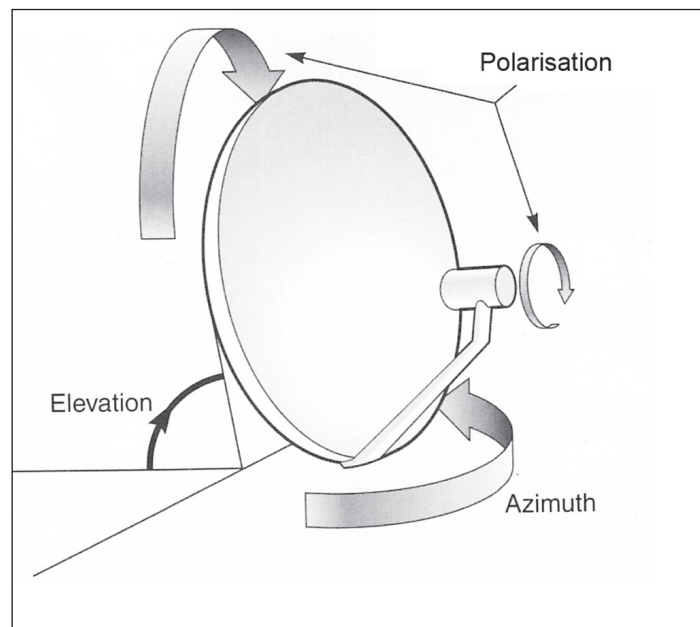


Abb. 18 Einstellmöglichkeiten an Satellit und LNB

Angenommen, man befände sich in London, also auf dem Nullmeridian und will den Satelliten Ka-Sat 1 anpeilen. Dessen Position befindet sich bei 9° Ost (E). Den gewünschten Azimuthwert, kurz Azimuth genannt, also die Himmelsrichtung, in der

65 vgl.: Neef 1977, 637

sich der Satellit befindet, kann man daraus folgendermaßen errechnen:

Standort (in °) + 180° - Satellitenstandort (in °) = Azimuth (in °)

Standort London = 0°

Satellitenstandort = 9° E

$$0^\circ + 180^\circ - 9^\circ = \mathbf{171^\circ} \text{ (zu errechnender Azimuth-Wert)}$$

In Berlin sähe dies wie folgt aus:

Standort Berlin = 13° E

Satellitenstandort = 9° E

$$13^\circ + 180^\circ - 9^\circ = \mathbf{184^\circ} \text{ (zu errechnender Azimuth-Wert)}$$

Bei einem möglichen Wechsel zum Beispiel von Ost nach West muss ein Vorzeichenwechsel stattfinden. Dies kann einerseits beim Satellitenstandort so wie auch beim SNG-Standort sein.

Beim Standort Dublin wäre zum Beispiel Folgendes zu rechnen:

Standort Dublin = 6° W

Satellitenstandort = 9° E

$$- 6^\circ + 180^\circ - 9^\circ = \mathbf{165^\circ} \text{ (zu errechnender Azimuth-Wert)}$$

Wenn man sich allerdings auf der Südhalbkugel befindet, sollte man beachten, dass man die Antenne nicht Richtung Süden ausrichtet, wie es auf der Nordhalbkugel der Fall wäre, sondern in Richtung Äquator, das heißt dann in Richtung Norden. Dabei sollte beachtet werden, dass es sich immer um eine Näherungsformel handelt. Je näher man dem Äquator kommt, desto ungenauer wird sie. Daher hilft es, wenn man sich die Erde mit ihren Meridianen und den Satelliten räumlich vorstellt.

Der Steigungswinkel (Elevation) hängt vom Breitengrad ab, auf dem man sich befindet. In Berlin sind es zum Beispiel 30°, in Rom hingegen 41°.

Hierfür gibt es allerdings Berechnungs-Programme, die man auf der Webseite jedes Satellitenbetreibers findet. Auch für Smartphones werden auf diesen Seiten passende Applications, sog. Apps, für die Satellitenberechnung angeboten, zum Beispiel „Ka-Sat-Finder“ (s. Abb. 19 und 20).



Abb. 19 die App Ka-Sat-Finder, eingesetzt auf dem Burgplatz in Braunschweig

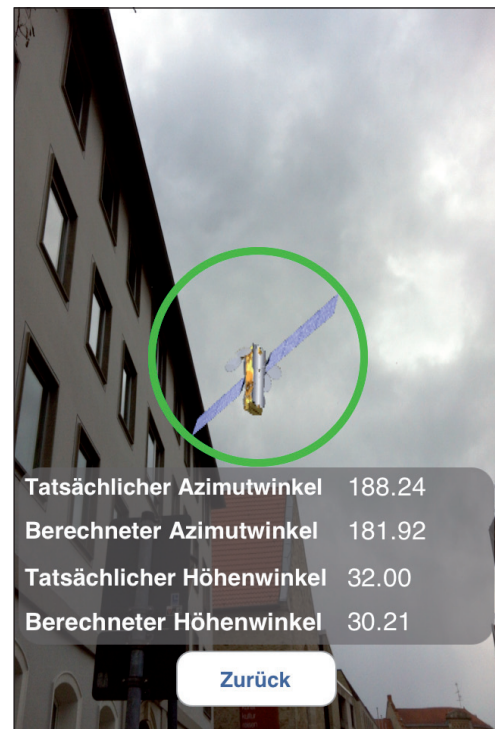


Abb. 20 die App Ka-Sat-Finder, eingesetzt auf dem Eiermarkt in Braunschweig

In der folgenden tabellarischen Übersicht sind einige der bekanntesten Kommunikations-Satelliten, deren Position und deren Betreiber mit ihrem Hauptsitz aufgeführt.

Satellit	Position	Betreiber	Verwendung	Hauptsitz des Betreibers
Eurobird 9A	9° Ost	Eutelsat	Kommunikations-satellit	Paris, Frankreich
Astra 1C	2° Ost	SES Astra	Kommunikationssa-tellit	Betzdorf, Luxem-burg
Ka-Sat	9° Ost	Eutelsat	Kommunikationssa-tellit mit Breitband-Internet	Paris, Frankreich

Satellit	Position	Betreiber	Verwendung	Hauptsitz des Betreibers
Türksat 3a	42° Ost	Türksat	Kommunikationssatellit	Ankara, Türkei
Asiasat-5	100,5° Ost	Asia Satellite Telecommunications Company Ltd.	Kommunikationssatellit	Hong Kong
Inmarsat 2-F1	142° West	Inmarsat	BGAN	London, England
Atlantikbird 2	8° West	Eutelsat	Kommunikationssatellit	Paris, Frankreich
Telstar 12	15° West	Loral Skynet	Kommunikationssatellit	New Jersey, USA

Tabelle 1 Übersicht über einige Kommunikationssatelliten und deren Betreiber

4.1.2 Funktion und Konzept der Satellitentechnik

Der für den Uplink zuständige Mitarbeiter bekommt mit der Reservierung eines Transponders eine Frequenz vom Satelliten-Betreiber zugeteilt. Auf diesem Frequenzkanal darf er dann senden bzw. empfangen.

Ebenso wird ihm ein bestimmter Spot zugewiesen. Ein Spot ist das Signal, welches von einer Antenne des Satelliten ausgeht. Jeder Satellit arbeitet mit verschiedenen Antennen, welche unterschiedliche Bereiche abdecken. Denn durch den Betrieb mit nur einer Antenne, die einen großen Bereich abdeckt, würden die möglichen Kanäle und somit die Nutzerzahl beschränkt. Auf diese Weise kann man das Datenvolumen pro Satellit vergrößern. Theoretisch wären die Spots rund, sind jedoch durch ihre Projektion auf

die Erdkrümmung oval. Da so die meisten Spots eine größere Abdeckung auf der von Menschen unbewohnten Meeresfläche hätten als auf dem Land, bedient man sich eines Tricks. Man macht die Antennen nicht eben, sondern versieht sie mit kleinen „Dellen“, um ein gestreutes Reflexionsverhalten zu erreichen. Der Spot dieser Antenne hat so eine eigene individuelle Abdeckungsfläche (spotbeam) auf der Erdoberfläche. Man nennt diese auch footprints. Das Erkennungs-Signal jeder Antenne hat eine einzigartige Charakteristik. Erfahrene Uplinker können den gesuchten Satelliten schon anhand seiner Wellenform im Satellitensignal und des verwendeten Spots mit seinem typischen footprint erkennen.

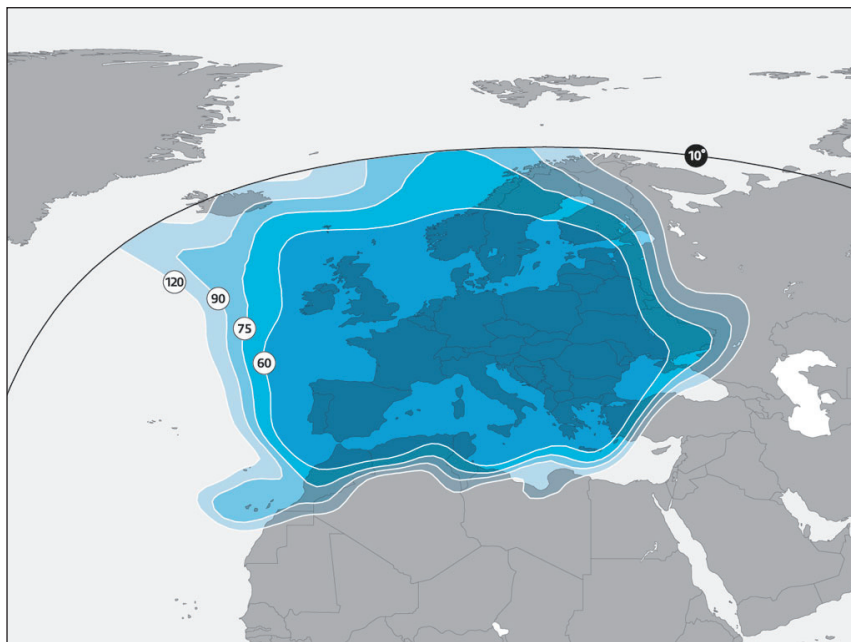


Abb 21 Footprint von ASTRA 1° E auf Ka-Band

4.2 Die Frequenzbänder

Die Satelliten senden über verschiedene Frequenzen. Dabei haben die verschiedenen Frequenzspektren unterschiedliche Eigenschaften. Niederfrequenzsignale haben eine bessere Durchdringung und lassen sich nicht so leicht von Hindernissen, wie zum Beispiel von Wolken, beeinflussen (vgl. Abbildung 23). Weitere Faktoren sind die Wassersättigung der Atmosphäre sowie Wetterbedingungen wie Regen oder Schnee. Dabei

gilt folgende Regel: Je höher die Frequenz ist, desto höher ist die Dämpfung.⁶⁶

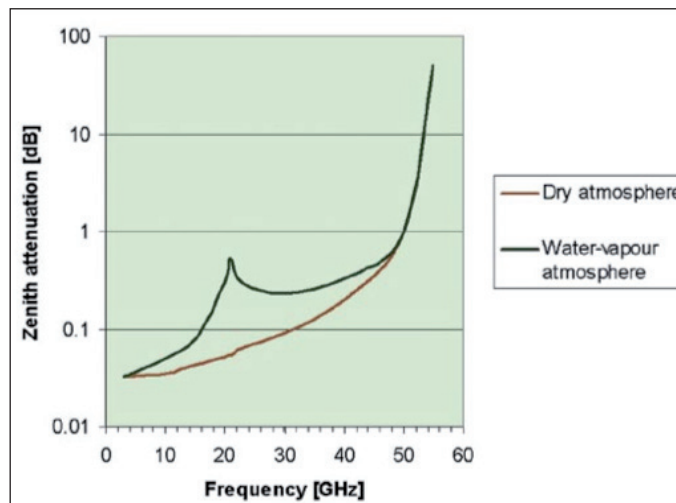


Abb. 22 Dämpfung der Frequenz in Abhängigkeit von der Feuchte der Erdatmosphäre

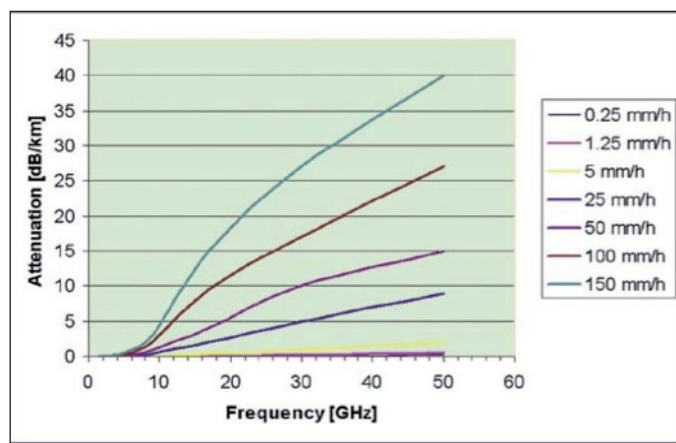


Abb. 23 Dämpfung in Abhängigkeit von Regenmenge und Frequenz

Zwar hat die ITU, die Internationale Fernmeldeunion, eine Norm zur Benennung der Signale, allerdings findet diese im Alltag kaum Verwendung. Daher sind hier die gebräuchlichsten Bezeichnungen gewählt worden. Es kann allerdings sein, dass diese im Vergleich zu anderer Literatur abweichen.

In diesem Kapitel werden kurz die gebräuchlichsten Frequenzen in der Satellitentechnik für den Fernsehbereich aufgelistet. Dabei werden folgende Bezeichnungen verwendet:

⁶⁶ vgl.: Ka-Band - the future ... <http://www.tele-satellite.us/TELE-satellite-0709/eng/feature.pdf>
Stand 20.6.2012

L-Band

- steht für Long band und es reicht von 1 – 2 GHz. Es wird vermehrt bei Satellitentelefon und vor allem bei dem System B-GAN eingesetzt.⁶⁷

C-Band

- steht für compromise between L and S. Es wird bei Satellitenübertragungswagen eingesetzt, allerdings hier vermehrt bei analogen Trägern. Heutzutage wird es nur noch vereinzelt angewandt. Bei einem analogen Träger braucht es auch eine hohe Sendeleistung, teilweise bis zu 800 W, da der Rauschabstand zum Signal wesentlich geringer ausfällt, als es bei digitaler Technik der Fall wäre. Bei dieser Frequenz findet eine Steigerung der Bandbreite statt, indem die Signale zirkulär polarisiert werden. Dieses bedeutet vereinfacht gesagt, dass es keine Überschneidung mit Signalen geben kann, die nahe beieinander liegen, da diese immer abwechselnd im Uhrzeigersinn (RHCP) und gegen den Uhrzeigersinn (LHCP) polarisiert werden. Vereinfacht gesagt bedeutet das Polarisieren, dass die Funkwellen einen bestimmten Bewegungsverlauf (vgl Abb 24) annehmen.

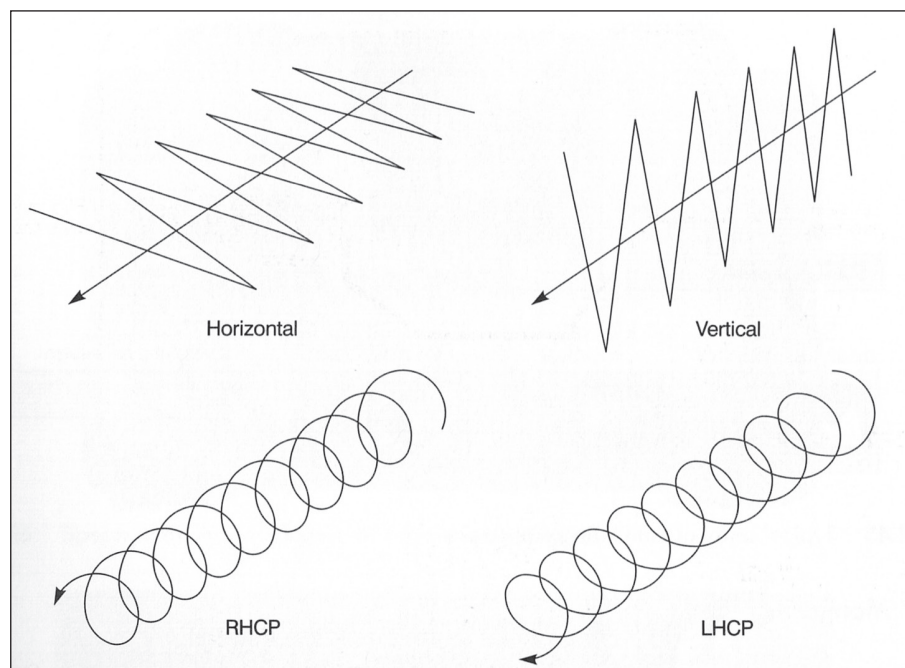


Abb. 24 Modell der horizontalen und vertikalen Polarisation

X-Band

- dieses Band ist nur für den militärischen Gebrauch bestimmt und darf im zivilen Bereich nicht benutzt werden.

Ku-Band

- steht für kurz under. Dieses deutsch-englische Kunstwort erklärt schnell, dass es sich unterhalb des K-Bandes befindet. Es ist heutzutage das am meisten genutzte Frequenzband für die Satellitenübertragungswagen. Auch bei dieser Frequenz findet eine Steigerung der Bandbreite statt, indem die Signale polarisiert werden, hier jedoch linear.

Ka-Band

- steht für kurz above, was soviel heißt, dass es sich über dem K-Band befindet. Es wird zur Übertragung von Internetdaten von Eutelsat seit August 2011 eingesetzt. Bisher ist nur ein Satellit mit Ka-Band im Dienst (Eutelsat Ka-Sat 9A).⁶⁸

Band	Dienst	Frequenzbereich Downlink	Frequenzbereich Uplink	Quellenangabe
L		1-2GHz		Higgins
C		3,4–4,2 GHz	5,925–6,425 GHz	Higgins
X	Militär Komsats.	7,25–7,75 GHz	7,9–8,4 GHz	wiki 1
X	Forschungsfunk ¹	8,4–8,5 GHz	7,145–7,235 GHz	wiki 1
K _u		13,75–14,5	10,95–12,75	Higgins
K _a		17,7–21,2 GHz	27,5–31 GHz	wiki 1
Anmerkungen	¹ Forschungssatelliten, Raumsonden			

Tabelle 2 Bezeichnungen bei Satellitenfunk mit Unterscheidung nach Diensten

Quellenangabe wiki 1

<http://de.wikipedia.org/wiki/Frequenzband#Mikrowellenbereich>

Quellenangabe Higgins

Higgins, *Satellite Newsgathering 2007*, 50

68 vgl.: Skylogic... http://www.film-tv-video.de/videoreport_details+M51223b016bd.html
Stand 20.6.2012

4.3. Aufbau eines „klassischen“ SNG

Ein SNG besteht aus mehreren Komponenten. Die Grundkomponenten sind dabei folgende:

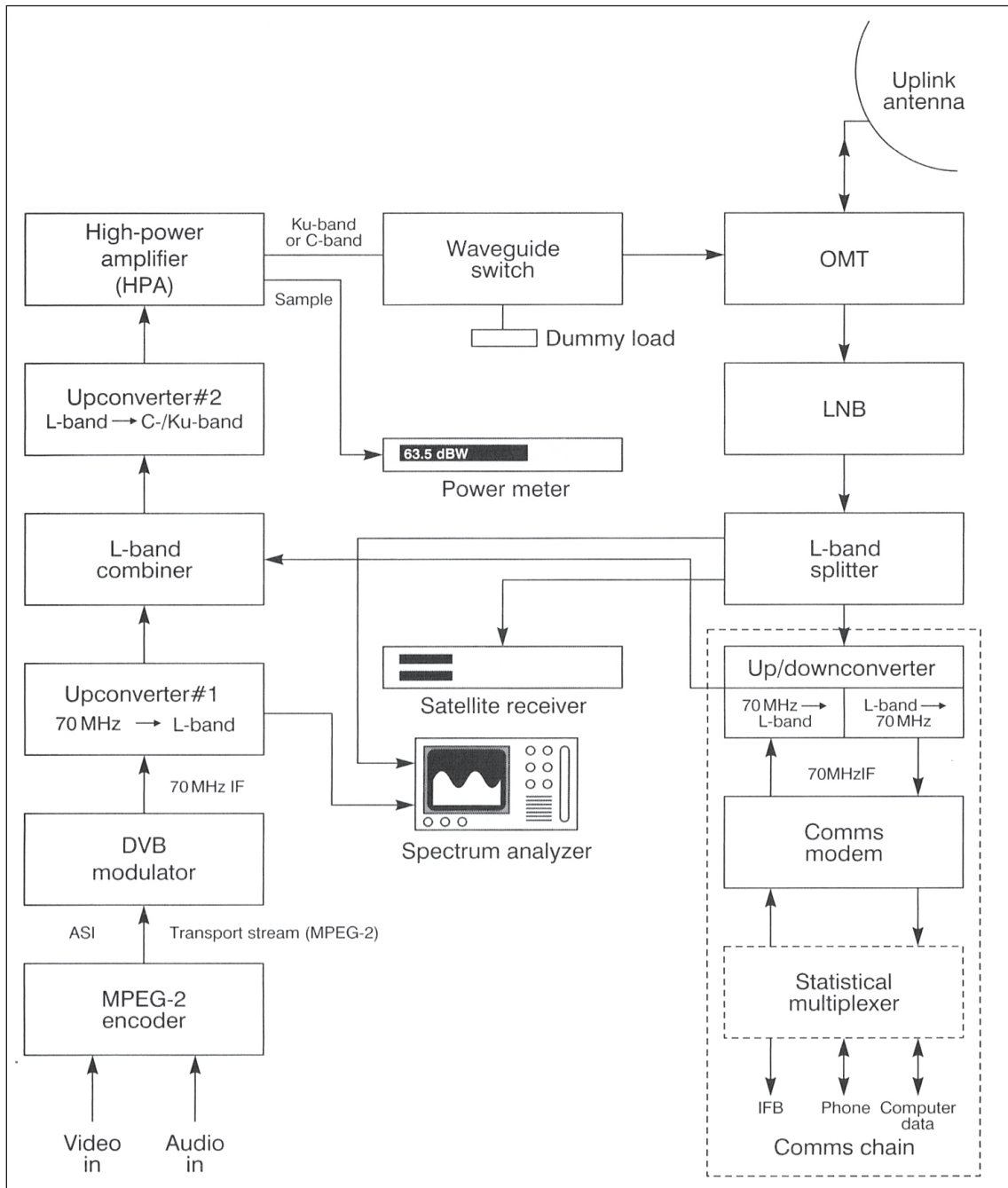


Abb. 25 Blockschaftplan eines fiktiven SNGs

Encoder/ Decoder

Der Encoder bzw. Decoder kodiert Video- und Audiosignale in einen MPEG2-Stream bzw. MP4 für HD. Meistens beinhaltet der Decoder auch einen Modulator. Dieser hat die Aufgabe, den MPEG 2-Stream in das L-Band umzuwandeln, das bei 70 MHz liegt.

Upconverter

Der Upconverter wandelt das Signal, das aus dem Modulator kommt, in die für den Satelliten benötigte Frequenz um. Dies ist in der Regel entweder das C- oder Ku-Band.

High power-Amplifier (HPA/SSPA)

Der High power-Amplifier verstärkt das Signal, damit dieses genügend Sendeleistung bekommt. Der HPA baut auf Röhrentechnik auf.

Als Alternative gibt es den Solid state Power-Amplifier, der auf Transistortechnik aufbaut. Genau genommen kommen hier Hochleistungstransistoren zum Einsatz, die sogenannten FETs. Allerdings ist er auch deutlich teurer und nicht für hohe Sendeleistung ausgelegt, weshalb man ihn nur in Satellitensystemen mit weniger Sendeleistung einsetzt.

Hohlleiter

Ein Hohlleiter ist ein Wellenleiter für elektromagnetische Wellen. Wie der Name schon andeutet, ist er im Inneren hohl. Da die inneren Wände aus Metall bestehen, werden die Signale durch Reflexion übermittelt. Hierdurch ist es möglich, die hochfrequenten Wellen sehr verlustarm zu übertragen.⁶⁹



Abb. 26 Hohlleiter

⁶⁹ vgl. Grundlagen der Hohlleiter <http://www.radartutorial.eu/03.linetheory/tl10.de.html>
Stand 2.8.2012.

Satellitenschüssel / LNB

Hält man einen Hohlspiegel in die Sonne, so hat man ungefähr mittig vor dem Hohlspiegel einen Punkt, wo die Sonnenstrahlen zusammentreffen. In diesem Punkt liegt der Fokus. Würde man von diesem Brennpunkt aus mit einer Lichtquelle zurück leuchten, so würden die Lichtstrahlen gebündelt ausgestrahlt werden. Hierbei macht man sich folgendes optische Prinzip zu Nutzen, welches besagt, dass der Ausfallswinkel gleich dem Einfallswinkel ist. Mit einem größeren Hohlspiegel kann man zum einen mehr Licht einfangen, zum anderen mehr Licht gebündelt senden. Alternativ könnte man zur Leistungssteigerung auch eine stärkere Lichtquelle im Brennpunkt wählen.

Ähnlich verhält es sich bei Satellitenschüsseln, die vom Aufbau her dem Hohlspiegel gleichen. Die Frequenzwellen werden in der Parabolantenne gesammelt und zu einem Signalumsetzer reflektiert, der direkt im Fokus liegt. Dieser Low Noise Block Converter (LNB) ist am sogenannten feedhorn, dem Träger des LNB, befestigt und hat die Aufgabe, die empfangenen Signale in eine niedrigere Frequenz umzuwandeln.

Um eine größere Leistungssteigerung zu erzielen, kann man ähnlich wie beim Hohlspiegel zum einen die Antenne vergrößern oder zum anderen die Lichtquelle vergrößern. Dies bedeutet, dass man entweder die Satellitenantenne vergrößert oder den HPA stärker auslegt. Allerdings sind HPAs sehr teuer, weshalb man in der Praxis dazu übergeht, die Satellitenschüssel einfach größer zu dimensionieren.⁷⁰

OMT

Ein weiteres Bestandteil ist der sogenannte OMT. Diese Abkürzung steht für Orthogonal Mode Transducer und er ist ein passives Bauteil. Er ermöglicht es, die vom Satelliten zurück gesendeten Signale zu empfangen. Diese sind meist anders polarisiert und müssen von dem OMT wieder umgewandelt werden.⁷¹

Es gibt auch Satellitenschüsseln, die mit zwei Spiegeln arbeiten. Diese Systeme werden vor allem dort eingesetzt, wo die Antennen sehr klein bzw. transportabel sein müssen. Dadurch, dass man zwei Spiegel verwendet, spart man an der Länge, die ansonsten das Feedhorn braucht. Auf diese Weise ist es möglich, Satellitenantennen sehr kompakt zu bauen.

Um eine höhere Redundanz zu erreichen, werden neben dem einfachen System oft zwei HPAs benutzt, die mithilfe eines Schalters und des Waveguide-Switchs gewechselt werden können. Eine weitere Möglichkeit findet auch oft Verwendung, bei der zwei

70 vgl.: Higgins 2007, 81

71 vgl.: Higgins 2007, 89

HPAs parallel laufen und mithilfe eines Phase-Combiner gekoppelt werden. Der Phase-Combiner synchronisiert die Sendeleistung zweier HPAs und sorgt so für eine höhere Sendeleistung und Redundanz durch das Zusammenlegen der beiden HPAs.

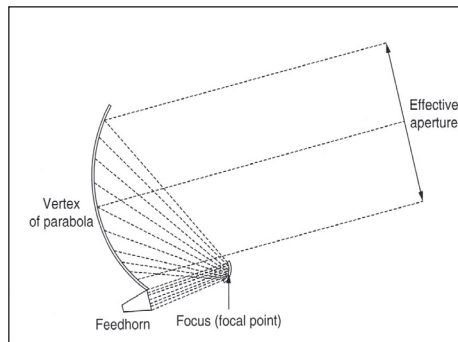


Abb. 27 Prinzip der Dual-Offset-Antenne



Abb. 28 Dual-Offset-
(Gregorianische) Antenne
der Firma SweDish Satellites

Dummy Load

So wird der Widerstand genannt, in dem die überschüssige Energie in Wärme umgewandelt wird, die während eines Standby-Betriebes des HPAs nicht zum Senden gebraucht wird.

Waveguide Switch

Diese Bauteil kommt zum Einsatz, wenn kein Phase-Combiner eingesetzt wird. Er ist sozusagen ein Schalter, der zur zweiten HPA umschaltet, falls es mit der ersten HPA Probleme gibt. Er wird von dem Redundancy Controller gesteuert.

Redundancy Controller

Diese Einheit überwacht die fehlerfreie Funktion der Systeme. Sollte ein System ausfallen, schaltet es automatisch auf das Backupsystem um.

Als Messgeräte sind folgende Bauteile im Einsatz:

Spektrum-Analyzer

Der Spektrum-Analyzer wird genutzt, um den Satelliten zu orten und eventuell die Sendeleistung des eigenen SNGs mithilfe eines Peaks zu messen. Ein Peak ist hierbei ein Carrier-Signal, das man zum Satelliten sendet, um sein eigenes Signal zu testen. Dieses wird notwendig, wenn die Verbindung nicht stabil ist. Verursacher einer solchen instabilen Verbindung sind oft Strommasten oder Gebäudefronten, die ein störungsfreies Signal zum Satelliten verhindern.



Abb. 29 Spektrum-Analyzer der Fa. Rhode & Schwartz im D-SNG 1 der Firma Betamobil

Power Meter

Mit diesem Messgerät wird für die laufende Kontrolle die Sendeleistung des Uploads in db angezeigt.

Ein weiteres Problem ist eine zeitgleiche Kommunikation mit dem Studio. Woher soll der Reporter bei Schalten die Fragen des Moderators aus dem Studio wissen? Da die Satellitenübertragung in der Regel nur in eine Richtung stattfindet, wird dieses Prob-

lem in der Praxis so gelöst, dass der Moderator über eine eigene Handleitung mit dem Reporter kommuniziert.

Allerdings gibt es auch eine Kommunikationsmöglichkeit über eine Satellitenverbindung mit sogenannten Dual-carrier-Systemen, die zeitgleich Signale senden und empfangen können. Hierfür wird eine spezielle LNB benötigt, die ein zeitgleiches Senden und Empfangen ermöglicht. Ansonsten gibt es noch die Möglichkeit, mit einer zweiten Schüssel das Signal zu empfangen. Mithilfe dieses System kann man einen Multiplexer verwenden, der einen Frequenzbereich des Transponders nutzt, um in diesem Datensignale zu übertragen. Das kann zum Beispiel ein sogenannter IFB sein, welches der Sendungston zuzüglich Regieanweisung ist, oder auch Internetanschluss, Netzwerkanschluss, ISDN, eine serielle Schnittstelle, ISDN-Leitung, Intercom (oft four wire genannt) und vieles mehr. Ein bekannter Anbieter dieser Lösung ist die Firma Vocolity. Selbstverständlich muss die Empfangsstation auch über ein solches Gerät verfügen. In der Praxis sind solche Systeme vor allem bei interaktiven Sendungen wichtig.⁷² So kann man auch mehrere Videosignale übertragen. Allerdings muss hierzu ein breiterer Transponder gewählt werden.⁷³



Abb. 30 Multiplexer der Firma vocolity

So benutzt der Bayerische Rundfunk in Zusammenarbeit mit Satcom ein solches System, um die Sendung „Südwild“ mit einer Internetleitung zu versorgen. Das Internet ist eines der wesentlichen Bestandteile der Sendung, da sich hierüber Zuschauer interaktiv an der Livesendung beteiligen können. Allerdings wird diese recht kostenaufwändige Technik wahrscheinlich durch SNG over IP überholt werden.

Am häufigsten werden solche Systeme auf einen Lkw-Kastenwagen gebaut, da dieser genug Platz bietet, zusätzliche Technik mitzuführen. Ein solches System kostet zur Miete mit Operator ca. 1500 Euro für 10 Stunden, die Mietkosten für den Transponder

72 vgl.: Mobiles Studio im Doppeldecker-Bus — das BR-Jugendmagazin »Südwild«
[http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=37407&L=0&no_cache=1](http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews[tt_news]=37407&L=0&no_cache=1)
erstellt 16.7.2008 Stand 2.8.2012

73 vgl.: TV-Dienste: Kapazitäten nach Bedarf, <http://www.eutelsat.com/deutsch/products/broadcast-occasional-use.html> Stand 8.8.2012

betragen ca. 5 Euro je Minute, abhängig vom Satellitenbetreiber, der Gesamtübertragungsdauer und Größe des Transponders.



Abb. 31 klassische SNG-Wagen des Kölner Unternehmens rt 1

Allerdings gibt es auch einen Smart, der als SNG unterwegs ist.



Abb. 32 Der Smart als kleines Uplink-System

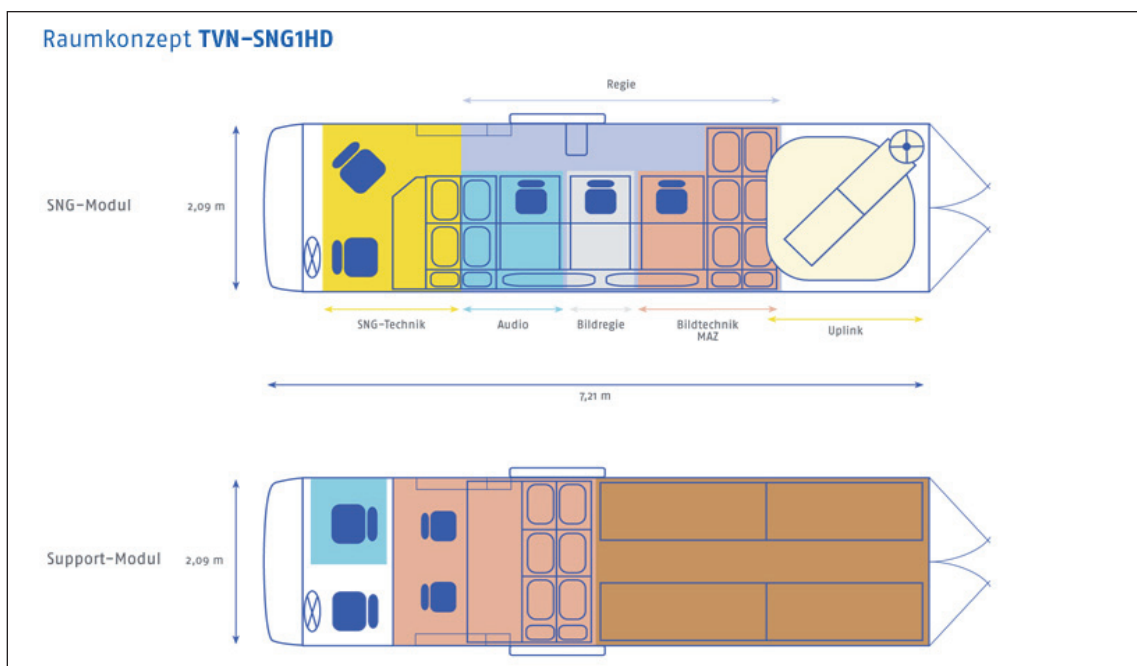


Abb. 33 Raumkonzept eines SNG am Beispiel des TVN-SNG 1HD

Eine weitere Möglichkeit, die es gibt, ist das System auf einen Anhänger zu bauen. Dieses System ist kaum verbreitet, obwohl es viele Vorteile hat. Es ist modular, schnell transportierbar und sehr kostengünstig, .

In den Anfängen der Satellitenübertragung war die Art der auf einem Anhänger montierten Satellitensysteme weit verbreitet.



Abb. 34 komplette SNG-Einheit mit Stromerzeuger

Ebenso gibt es noch die so genannten fly-aways. Diese Systeme können von kleinen Satellitenschüsseln, wie zum Beispiel mit 70 cm Durchmesser, bis zu Satellitenschüsseln von zweieinhalb Metern Durchmesser bestehen. Der Vorteil dieses Systems ist ein möglichst schneller Einsatz. Dafür wird das System in sogenannte Flight Cases verpackt. Die Satellitenschüssel besteht aus modularen Teilen, die sich zusammenbauen lassen.



Abb. 35 Fly Away der Firma Norsat

Dadurch kann man sie sehr kompakt transportieren. So ist es möglich, ein solches System je nach Größe per Luftfracht auf zwei Europaletten zu transportieren. Allerdings beträgt auch hier das Gewicht 1 bis 2 t. Außerdem muss es auch aufgebaut werden. Bei einem Einsatz zum Beispiel in einem Krisengebiet stellt das bei dem Gewicht jedoch eine logistische Schwierigkeit dar. Ebenso kritisch ist die Stromversorgung, da viele Fluggesellschaften aus Sicherheitsgründen keine Notstromaggregate annehmen, die schon einmal mit Kraftstoffen befüllt wurden. Es bleibt also nur die Möglichkeit, ein neues Notstromaggregat mitzunehmen oder es vorher komplett reinigen zu lassen, was auch wieder ein Kostenfaktor ist.⁷⁴

Ein weiteres System ist das Ultra portable System. Den Anfang dieser Systemreihe gründete die Firma SweDish mit ihren IPT-Terminal im Jahre 2001. Diese Systeme verfügen entweder über eine automatische Ausrichtung oder müssen manuell mit der Hand ausgerichtet werden.

Der große Vorteil dieser Systeme ist ihre enorme Kompaktheit und Flexibilität. Sie können ohne Probleme mit einem Flugzeug mitgenommen werden und sind schnell einsatzbereit. Allerdings haben sie keine so große Sendeleistung und Sendesicherheit wie die großen Fly-away-Systeme, sind eben nicht so leistungsfähig. Dies hat zum einen den Grund, dass sie mit Akkus betrieben werden und dadurch nur begrenzten Strom zum Senden zur Verfügung haben, zum andern den Grund, dass ihre Antenne wesentlich kompakter ist.

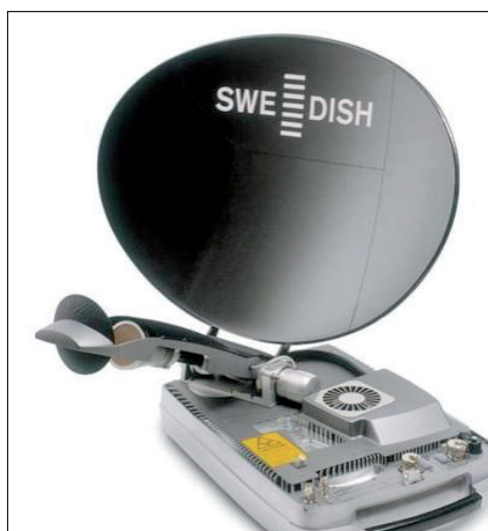


Abb. 36 Ultra Portable-System von Firma SweDish

4.3.1 Arbeitsablauf beim Uplink

Ein Uplink-Operator ist die Person, die den SNG bedient und für die Sendetechnik verantwortlich ist. Dabei geht er nach folgenden Arbeitsschritten vor:

Vor dem Aufstellen des SNG wählt er den Standort und vergewissert sich, ob eine freie Blickrichtung zum Satelliten besteht.

Hierbei verwendet er vielleicht ein Smartphone, allerdings ist dies nur die Ausnahme. Meistens wird er sich zuerst an dem Standpunkt der Sonne/ des Mondes orientieren und bestimmt die Himmelsrichtung genau mit einem Kompass.

Nachdem das SNG-Fahrzeug positioniert ist, richtet er die Satellitenschüssel auf den Satelliten aus.

Hierbei muss er auch seine Sicherheitsrichtlinien beachten. Denn die Sendeleistung eines SNGs birgt Gefahren und kann schon gesundheitsgefährdend sein. Aus diesem Grund darf er die Schüssel mit aktivem Trägersignal nicht auf Häuser oder Personen richten, da er mit der Sende-Strahlung Mitmenschen und Umwelt erheblichen Schaden zufügen könnte.

Sobald der Empfang vorhanden ist, ruft er den Satellitenoperator an. Die Amtssprache ist dabei immer Englisch. Nach Absprache stellt er seinen Carrier, die Trägerfrequenz, ein und erhöht langsam die Sendeleistung.

Von nun an läuft die Abrechnung der Übertragungskosten nach Minuten.

Danach telefoniert er mit der Empfangsstation, um den korrekten Signal-Empfang zu kontrollieren und bestätigt zu bekommen.

Sollte sich das Wetter während des Sendens verschlechtern, sieht der Operator die nachlassende Sendequalität an seinem Spectrum-Analyzer und erhöht entsprechend die Sendeleistung.

Sobald die Übertragung zu Ende ist, ruft er den Satellitenoperator erneut an. Dieses Telefonat wird auch „Good night call“ genannt. Hierbei bestätigt er dem Satellitenoperator das Ende der Verbindung.

4.4 Die Zukunft SNG over IP

Durch den Ausbau des Internets und die Steigerung der Leistungsfähigkeit hat sich das Senden über Internet-Protokolle durchgesetzt. Hierbei besteht keine DTH-Verbindung, wie es bei den konventionellen Systemen üblich ist. DTH steht für Direkt to Home und bedeutet, dass der Empfänger bei sich einen Downlink (eine Empfangseinheit) betreibt, mit welcher er die Signale direkt entgegen nimmt. Bei SNG over IP übermittelt der Provider mit Hilfe von Internetprotokollen die Daten. Die Provider betreiben mehrere Bodenstationen, von welchen sie die Signale in den nächsten Knotenpunkt übermitteln. Ein großer Vorteil ist die Reduktion von Kosten, allerdings sind auch hierdurch die Latenzzeiten größer. Bei einer DTH-Verbindung beträgt die Latenzzeit je nachdem, von wo nach wo gesendet wird, ungefähr zwischen 240 und 290 ms. Bei einer Internetverbindung ist diese wesentlich größer und beträgt ungefähr 900 ms ⁷⁵. Jedoch braucht hier der Empfänger keine eigene Down-Linkstation zu betreiben, ein wichtiger Faktor auf der Kostenseite.

Die Systeme können auf allen Frequenzbändern aufbauen. Die gebräuchlichsten sind dabei für BGAN das L-Band, für tooway (ein Service von eutelsat) das Ku-Band. Überdies gibt es noch das Ka-Band, welches von tooway und Newsspotter eingesetzt wird. Es löst das Ku-Band im Bereich der Internet-Nutzung langsam ab. Diese Systeme sind mit aus dem Grund konzipiert worden, dass man nahezu überall Internet empfangen kann.

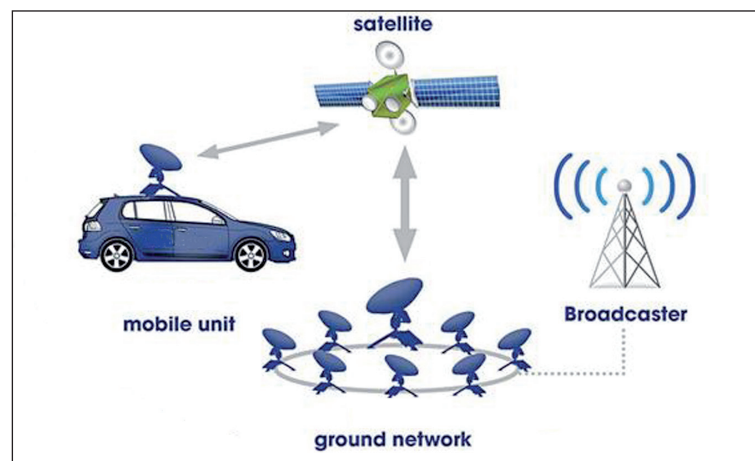


Abb. 37 Signalkette bei SNG over IP

75 vgl.: KaSat / Tooway : test de débit via la connexion SkyDSL2+ <http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=TEZ0SSigjx8>

4.4.1 BGAN

Broadband Global Area Network (BGAN) ist ein Netzwerk vom Betreiber Inmarsat, welches es ermöglicht, Internet weltweit zu empfangen. Der große Vorteil dieses System ist seine Kompaktheit und Schnelligkeit in der Ausrichtung. Eine Antenneneinheit ist so groß wie ein DIN A4-Blatt, manchmal auch doppelt so groß. Von der Dicke her übersteigt es kaum die eines Laptops. Ebenso ist es möglich, das Terminal lange über eine Batterie zu versorgen, da es nur eine geringe Sendeleistung hat.

Bei der Einwahl in das Netz greift das Terminal auf eine Sim-Karte zurück. Inmarsat benutzt die gleiche Registrierungslogik, wie sie auch bei Mobilfunk Providern eingesetzt wird.

Die Terminals haben in ihrem Inneren mehrere Antennen, die zu einer „Farm“ zusammengeschlossen sind. Diese mehreren Antennen werden virtuell zu einer großen Antenne zusammengeschlossen. Der große Vorteil ist, dass es keiner allzu präzisen Ausrichtung bedarf, um ein Signal zu empfangen. Allein schon für die größte Empfangsleistung reicht ein Spotwinkel von 5° .⁷⁶



Abb. 38 BGAN-Terminals verschiedener Hersteller

Ein weiterer Vorteil dieses System ist es, dass es nahezu weltweit einsetzbar ist. Aufgrund der unabhängigen Stromversorgung, der mobilen Einheiten sowie der weltweiten Abdeckung ist dieses System ideal für Reporterteams, die sich in Krisengebieten aufhalten. So hat die Krisenreporterin Antonia Rados für den Sender RTL im Irakkrieg im Jahre 2003 den Vorläufer R-BGAN benutzt, der über die Thuraya-Satelliten ging. Dabei war nur eine Bandbreite von 128 kbit je Sekunde möglich. Dieses System wurde

dazu benutzt, Berichte nach Köln zu überspielen und Live-Schaltungen durchzuführen.⁷⁷ Selbstverständlich sah man diesen Schalten im Fernsehen dann die mindere Qualität an.

Das Terminal richtet man per Hand aus, wobei es mit Hilfe von Tönen die Signalstärke anzeigt. Die meisten Terminals können ein eigenes WLAN-Netzwerk aufbauen oder einfach mit einem RJ-45-Stecker im Netzwerk mit dem Internet verbunden werden. Ein solches Terminal kostet ungefähr 4000 Euro. Hinzu kommt noch der Encoder.

Das heutige BGAN gibt es in zwei Kategorien: einmal das normale, das eine maximale Leistung von 320 kBit je Sekunde hat, wobei in der Praxis von 270 kBit je Sekunde ausgegangen werden kann. Dabei fallen Übertragungskosten von ca. 4 \$ pro Minute an. Im Fernsehen wird das BGAN-xstream eingesetzt, welches eine minimale Datenrate von 384 kBit bis zu 450 kBit je Sekunde garantiert. Hier liegt der Preis bei 25 \$ pro Minute. Der Mietpreis für solche Terminals liegt bei ungefähr 70 Euro pro Tag.⁷⁸

Da dieses System zuverlässig und schnell im Auf- und Abbau ist, findet es bei fast allen großen Sendern wie ARD, ZDF, ProSieben, Sat 1 und bei N24 Verwendung.⁷⁹ Der große Nachteil an dem System ist jedoch die Übertragungsrate. Aufgrund der geringen Datenrate ist eine Live-Berichterstattung nur eingeschränkt möglich. Zum einen muss hier hoch effizientes Coding betrieben werden, zum anderen darf das Bild nicht viel Bewegung enthalten, da dann die Datenrate schnell überschritten würde. Im klassischen Sinne ist es nur dazu gedacht, Berichte zum Sender zu überspielen sowie eine Schaltung mit dem Moderator zu machen, wobei das Bild keinen bewegten Hintergrund haben darf, wie Bäume im Wind. Ebenso darf sich der Moderator auch nicht allzu stark bewegen. Zum Beispiel wären wehende Haare im Wind ein weiteres Problem, da diese schnell wechselnden Bildinformationen einen zusätzlichen Datenstrom erzeugen, der nicht mehr bewältigt werden kann.

4.4.2 Ka-Sat

Am 26. Dezember 2010 hat die Firma Eutelsat den Ka-Sat ins All geschossen. Das System wurde als Lösung für das Fernsehen auf der IBC 2011 in Amsterdam vorgestellt. Seit Juni 2012 wird es unter dem Namen Newsspotter vertrieben. Das Besondere an diesem System ist seine Kosteneffizienz sowie die gute Übertragungsdatenrate. Momentan sind

⁷⁷ vgl.: Rados 2003, 16

⁷⁸ vgl.: Interview transtel 18.6.2012

Bgan x-stream FAQ <http://www.inmarsat.com/BGANX-Stream/Xstream-FAQ.aspx?language=EN&textonly=False>, Stand 2.8.2012

⁷⁹ vgl.: Interview transtel 18.6.2012

10 Mbit/s im Down- und im Upload möglich. Es sollen in Zukunft bis zu 20 Mbit/s als Datendurchsatz möglich sein. Das ist allerdings die physikalische Grenze für dieses System.⁸⁰

Es gibt jetzt bereits schon verschiedene Satellitensysteme dieser Art. Die Firma Dwason stellt eine Satellitenschüssel her, welche auf ein Autodach montiert werden kann. Dieses kostet ungefähr 10.000 Euro. Der große Vorteil dieses System ist, dass es ursprünglich auf Consumertechnik aufbaut. Hierdurch werden die Komponenten sehr preisgünstig. Ebenso bedarf es keiner extra Peripheriegeräte, wie es bei dem klassischen Ku-Band und C-Band noch üblich ist. Ein HPA entfällt, da die Sendeleistung zwischen 3 bis 4 Watt liegt.⁸¹

Es werden zwei Modems angeboten: Das Consumer-Modem und das Prosumer-Modem.

Mit dem Consumer-Modem lassen sich allerdings realistisch Uploads nur zwischen 6 bis 8 Mb in der Sekunde erreichen.⁸² Ebenso besteht die Gefahr, dass es schnell sehr warm wird. Es hat eine Sendeleistung von 3 Watt. Dies wird auch bei den Internet-Verbindungen von Privatkunden eingesetzt wie beim Tooway-System, auf dem Newsspotter basiert.

Diese Variante für die Festinstallation mit einer 70 cm-Schüssel kostet ungefähr 250 €. Das Prosumer-Modem, welches eine Sendeleistung von 4 Watt hervorbringt, hat eine Extrakühlung sowie die Möglichkeit einer redundanten Stromversorgung. Es lässt sich überdies in ein 19“-Rack einbauen.

Ebenso ermöglicht es Datenraten von theoretisch bis zu 20 Mb je Sekunde. Das Prosumer-Modem kostet ca. 750 Euro, allerdings ohne Schüssel und LNB. Die Modelle zur Festinstallation lassen sich leicht in transportable Lösungen umbauen.⁸³ So hat die Firma Live im Netz in Hamburg eine Consumer-Lösung im Einsatz und bei den Einsätzen damit recht gute Ergebnisse erzielt.⁸⁴

Die Aufbauzeit „...beträgt bei uns ungefähr 30 Minuten, allerdings braucht man auch Werkzeuge wie Winkelmesser und Kompass.“⁸⁵

Es gibt diverse Fly away-Systeme und car mounted-Systeme, die sich zwischen 8000 und 15.000 Euro bewegen.⁸⁶

Der große Vorteil dieses Systems ist es, dass man einen direkten Internetzugang am Gerät hat. Zudem bedarf es keines SNG-Operators, da das System selbst seine Leistung regelt.

80 vgl.: Interview Internetagentur Schott 14.6.2012

81 vgl.: Interview Internetagentur Schott 14.6.2012

82 vgl.: Interview Internetagentur Schott 14.6.2012

83 vgl.: <http://www.youtube.com/watch?v=GZEbpL90ZBM>, Stand 20.6.2012

84 vgl.: Interview Moldenhauer 18.6.2012

85 vgl.: Interview Moser 18.6.2012

86 vgl.: Interview Internetagentur Schott 14.6.2012

4.5 Fazit über Satellitentechnik

Satellitentechnik bietet viele Vorteile, zumal die Satelliten eine wesentlich größere Abdeckung erreichen, als es bei anderen Diensten möglich wäre. Sie garantieren eine hohe Stabilität. Ebenso kann man sie überall im Gelände einsetzen. Die einzige Bedingung ist, dass man eine Blickverbindung zum Satelliten hat. Dieses stellt ein großes Problem mit dem Übertragen aus Städten dar. Die Häuserschluchten gestalten die Ausrichtung oft sehr schwierig. Das heißt, in Blickrichtung zum Satelliten darf kein Gebäude oder Gebirge stehen. Es ist kaum möglich, die Übertragungseinheit zu bewegen, während man sendet. Selbstverständlich gibt es Systeme, die die Satelliten mitverfolgen, allerdings ist dies nur begrenzt möglich.

Auch ist dieses System anfälliger gegenüber Wetter, da Schlechtwetterwolken das Signal erheblich schwächen und die Antenne im Wind nicht stabil ist. Daher ist es eine Herausforderung, die Antenne bei starken Wind stabil zu halten. In der Regel kann eine stabile Verbindung nur bis 80 km/h Windgeschwindigkeit gewährleistet werden. Darüber hinaus ist das Senden zwar noch möglich, allerdings kommt es durch Schwankungen der Antenne zu Beeinträchtigungen.

Das Ausrichten kostet Zeit und muss sehr sorgfältig vorgenommen werden. So waren Satellitenverbindungen in der Vergangenheit mit immensen Kosten verbunden. Dies kann sich durch SNG over IP, wie im Kapitel 4.4 beschrieben, jedoch ändern. Hier braucht man keinen Techniker zur Sendeüberwachung und kann somit Kosten sparen. Allerdings gibt es bislang nur sehr wenige Erfahrungswerte für diese Technologie. Doch lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass sich dieses System allein wegen der deutlich niedrigeren Investitions- und Betriebskosten durchsetzen wird.

5. Senden über terrestrische Netzwerke

Eine Methode, die wesentlich älter ist als das Senden über Satelliten, ist das terrestrische Senden. Das Wort terrestrisch steht für erdgebunden. Hierbei sendet man von einem Sender ohne Umweg übers All zu einer Basisstation, welche das Signal dann per Kabel in ein Netzwerk einspeist. Der Vorteil dieser Methode ist, dass man keine direkte Sichtverbindung zu der Basisstation benötigt, wie es bei Funkverbindungen zu den Satelliten der Fall ist.

Dieses Kapitel behandelt als Schwerpunkt das Senden über Handynetzwerke. Das hat den Grund, dass diese Netzwerke in Deutschland inzwischen die größte Flächendeckung aufweisen. Ein weiterer Vorteil dieses Netzwerkes ist es, dass man während des Sendebetriebs die Funkzellen wechseln kann, im Fachjargon Handover genannt. Es ist damit möglich, sich während der Funkverbindung frei zu bewegen, ohne dass es zu Datenausfällen kommt.

5.1 Funktion und Konzept des Handynetzes und dessen Protokolle

Wie ein Handynetz aufgebaut ist, soll in diesem Abschnitt vereinfacht dargestellt werden. Zunächst einmal unterscheidet man zwischen

- leitungsorientierten und
- leistungsorientierten Netzwerken.

Ein leitungsorientiertes Netzwerk stellt eine bestimmte Leitung zur Verfügung. Die Leitung kann eine feste Datenrate haben. Dieses Verfahren findet noch in der Sprachübertragung auf GSM Verwendung. Hier hat die Leitung eine Datenrate von 64 kb je Sekunde.⁸⁷

In leistungsorientierten Netzen werden anstelle einer Leitung, die dem Nutzer fest zur Verfügung steht, mehrere Leitungen genutzt. Die Daten werden in Datenpakete verpackt und mit einer Zieladresse versehen.

Vereinfacht gesehen, kann man es folgendermaßen beschreiben: Möchte man sich jetzt in das Handynetz einloggen, so geschieht das auf folgende Art: Das Handy sendet genauso wie jeder Funkmast seine Kennung. Die permanenten Signale kann man auch – ungewollt – hören, wenn man ein Handy in die Nähe eines einfachen UKW-Radioempfängers hält. Dieses rhythmische Störgeräusch aus dem Lautsprecher des Radios ist sicherlich jedem bekannt. Das Handy gibt jetzt der Basisstation, also der am nächsten gelegenen Funkzelle (SSP– Service Switching Point) seine Kennung und die Logindaten. Die Basisstation leitet sie weiter an die Kontrollstation, welche mehrere Basisstation überwacht (STP- Service Transfer Point), sie ist vergleichbar in ihrer Aufgabe mit IP-Routern im Internet. Die Kontrollstation leitet die Anfrage wiederum weiter an die Vermittlung (SCP – Service Control Point), welche erfasst, in welcher Funkzelle sich welches Gerät aufhält. Sie ist eine Datenbank, die die Daten mit der zentralen Daten-

87 vgl.:Sauter 2011, 32 ff

bank (HLR – Home Location Register) abgleicht und dazu eine kurze temporäre Kopie in ihrer eigenen Datenbank ablegt (VLR – Visitor Location Register). Die temporäre Kopie dient nur dem schnelleren Login beim nächsten Einwählen. Die ganze Befehlskette geht jetzt so mit der Verifizierung zurück bis zum Endgerät. Dieses ist jetzt permanent eingewählt und kann den Service nutzen.

Sollte sich das Gerät bewegen, wird der Empfang zur Basisstation schwächer, da es sich von dieser entfernt. Allerdings kommt es zwangsläufig in den Bereich einer neuen Basisstation, in die es sich nun einwählt. Diese meldet es wiederum ihrer Kontrollstation, die es weiter an die Vermittlung meldet, die natürlich den Wechsel der Basisstation vermerkt. Sollte es vorkommen, dass die Vermittlung wechselt, so findet ein erneuter Abgleich mit der zentralen Datenbank statt.

Die Prozedur, die hier beschrieben ist, lässt sich vereinfacht auf alle Protokolle anwenden, da diese auf demselben Core-Network (Kernnetzwerk) aufbauen.

Die Prozedur des Wechsels wird Handover⁸⁸ genannt und erfolgt so schnell, dass der Nutzer nichts davon bemerkt. Die Verbindung aus dem Handynetzwerk in andere Netzwerk wird mithilfe eines Gateways bewerkstelligt. Ein Gateway stellt die Verbindung zu anderen Netzwerken her, wie dem Festnetz oder dem Internet.

5.2 Die Frequenzbänder

Die Frequenzen des Mobilfunknetzes sind niedrig frequenter als die Frequenzen, die zur Satellitenübertragung eingesetzt werden. Generell gilt: je niedriger eine Frequenz ist, desto besser ist die Durchdringung. Damit ist die Eigenschaft gemeint, durch Hindernisse, zum Beispiel durch Wände, hindurch zusenden. Hochfrequente Strahlungen werden von Hindernissen oft reflektiert oder absorbiert. Daher erreicht der Mobilfunk Bereiche auch in engen Häuserschluchten und Kellerräumen.

Bei der folgenden graphischen Übersicht werden nur die in Deutschland verwendeten Frequenzen genannt. Es ist dabei zu beachten, dass die Weiterentwicklungen der jeweiligen Protokolle wie zum Beispiel von UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) zu HSPA (High Speed Packet Access) auf derselben Frequenz stattfinden.

In Deutschland sind die meisten Protokolle festen Frequenzen zugeordnet, eine Ausnahme bildet LTE. Daher werden hier die Frequenzen nach den Protokollen, die mit diesen in Verbindung stehen, aufgezählt.

88 vgl.: Sauter 2011, 78 ff

Außer den Protokollen gibt es im Handynetz noch verschiedene Arten der Übertragung. Dies wären zum einen FDD sowie TDD ⁸⁹

- FDD steht für Frequency Division Duplex. Dies bedeutet, dass der Uplink und der Downlink sich auf verschiedenen Frequenzen befinden.
- TDD steht für Time Division Duplex. Bei diesem Verfahren befinden sich Downlink und Uplink auf der selben Frequenz. Dem Sender und Empfänger wird ein Zeitfenster zugeteilt, in dem er senden darf.

TDD nutzt den Funkraum wesentlich effektiver, allerdings kommt es bei dieser Technik oft zu Zeitfehlern, weshalb diese Technik nicht so stabil ist. Jedoch findet selten ein gleichzeitiges Nutzen im Datenvolumen von Downlink und Uplink statt. In Deutschland wird vermehrt das FDD-Verfahren angewendet.

Das GSM-Band, auf dem auch die Erweiterung EDGE aufgebaut ist, reicht im Uplink von 880 bis 915 Mhz und im Downlink von 935 bis 960 Mhz. Ebenso gibt es noch GSM 1800, das seltener Verwendung findet und meistens als Ergänzung zur Vergrößerung der Leistungsfähigkeit benutzt wird. Hier ist der Frequenzbereich von 1710 MHz bis 1785 MHz im Uplink und 1805 MHz bis 1880 Mhz im Downlink ⁹⁰

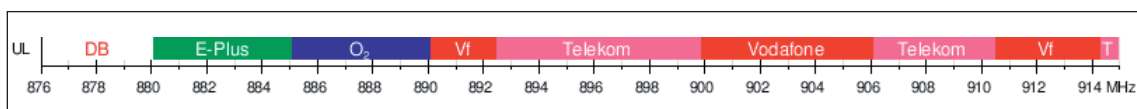


Abb. 39 Frequenzbereich des GSM-Bandes (UL)

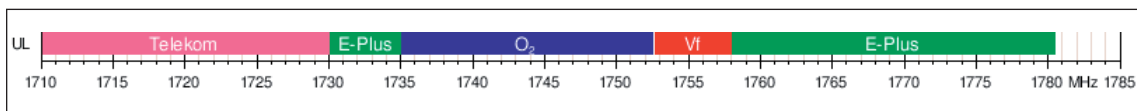


Abb. 40 Frequenzbereich des GSM 1800-Bandes (UL)

Bei UMTS/ HSPA liegt die Frequenz des Uplinks bei 1920 MHz bis 1980 MHz und die des Downlinks von 2110 bis 2170 MHz. Bei TDD sind es die Frequenzen 1900 MHz bis 1920 MHz und 2010 bis 2025 MHz.

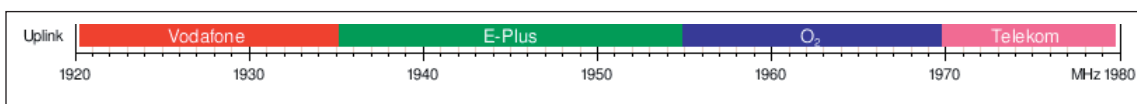


Abb. 41 Frequenzbereich des UMTS-Bandes (UL)

⁸⁹ vgl.: <http://www.lte.info/technik/lte-fdd-und-tdd.html> Stand 20.6.2012

⁹⁰ vgl.: Sauter 2011, 32

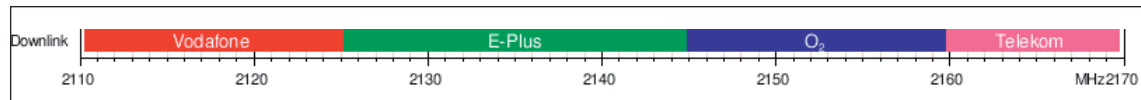


Abb. 42 Frequenzbereich des UMTS-Bandes (DL)

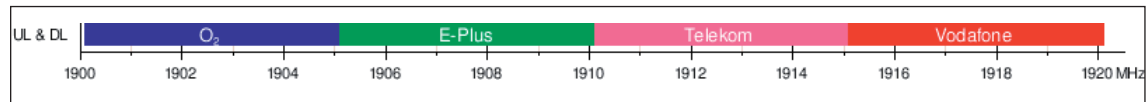


Abb. 43 Frequenzbereich 1 des TDD-Bandes (UL/DL)

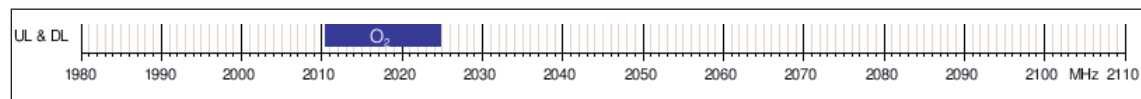


Abb. 44 Frequenzbereich 2 des TDD-Bandes (UL/DL)

Durch die digitale Dividende, also das Abschalten des analogen Fernsehens, sind Frequenzen frei geworden. Diese Frequenzen werden für LTE genutzt, da diese sehr niederfrequent sind und somit eine gute Verbreitung gewährleisten. LTE soll vor allem in ländlichen Regionen mit ansonsten schwacher Netzversorgung eine schnelle Internetanbindung anbieten.

Ebenso werden noch hohe Frequenzen eingesetzt, um die Zellen im urbanen Raum zu entlasten.⁹¹

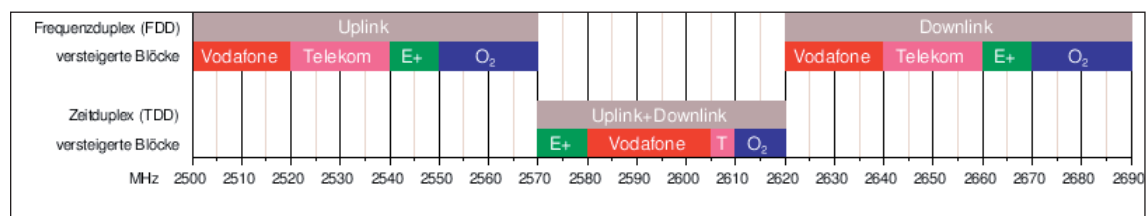


Abb. 45 Nutzung der Frequenzbänder in Deutschland im GHz-Bereich

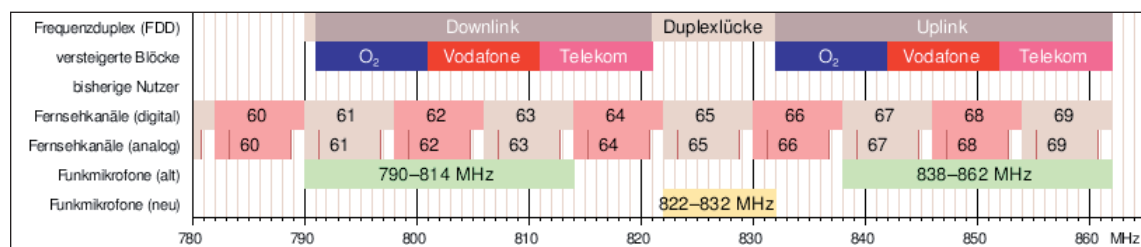


Abb. 46 Nutzung der Frequenzbänder in Deutschland im MHz-Bereich

91 vgl.: Interview Ellenbeck 12.7.2012

5.3 Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

Unter der Third Generation Partnership (3GP) versteht man die Weiterentwicklung des Mobilfunkes der dritten Generation. Hiermit ist vor allem UMTS und dessen Weiterentwicklungen HSPA gemeint.

Durch die rasante Weiterentwicklung des Handynetzes ist GSM (Global System for Mobile Communication) mit seinen Erweiterungen, wie zum Beispiel EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), an seine Grenzen gestoßen. Das Leistungsvermögen von EDGE war bei Weitem nicht mehr ausreichend. Es konnten hiermit maximal 270 kBit/s übertragen werden.⁹²

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) baut dabei auf dem bestehenden Core-Netzwerk auf, welches nur minimale Modifikation benötigt. Auf diese Weise ist es beim Handover mit anderen Protokollen wie z.B GSM kompatibel.

Eine weitere Neuerung war ein Zugangsnetzwerk, das sogenannte UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), auf dessen genauere Spezifikationen hier aber nicht weiter eingegangen wird. Ebenso gibt es bei UMTS keine an ein Gerät gebundene Frequenz und Zeitmultiplex, wie es noch bei GSM üblich war. Statt dessen werden die Benutzer durch individuelle Codes unterschieden. Hierdurch ist eine wesentliche Leistungssteigerung in der Datenrate möglich. Dieses neue Verfahren wird W-CDMA genannt. Diese Abkürzung steht für Wideband Code Division Multiple Access.⁹³

5.4 Das LTE-Protokoll

Die vierte Generation des mobilen Internets wird auch Long-Term-Evolution (LTE) genannt. Dieses neue Protokoll baut auf der Infrastruktur des bestehenden Handynetzes mit dem Core Netzwerk auf.

Durch die Verwendung der digitalen Dividende (800 MHz), dem Freiwerden von analogen Fernsehfrequenzen, sind wesentlich höhere Reichweiten möglich, da diese Frequenz eine bessere Durchdringung der Atmosphäre erreicht. Ebenso können mit LTE wesentliche höhere Datenraten erzielt werden. Dabei wird das Standardnetz auf 800 MHz basieren. Im urbanen Raum sollen zusätzlich Spitzen in der Nutzung über höhere

⁹² vgl.: Sauter 2011, 270

⁹³ vgl.: Sauter 2011, 158 und

Gahrmann, Nokia Siemens Networks, Präsentation Hamburg Open 26.1.2012

Frequenzen (vgl. Kapitel 5.2) abgefangen werden.

Momentan wird in Deutschland eine Uploadrate von 10 Mbit/s und ein Download von 50 Mbit/s angeboten. Dabei kann ein System noch bei Eigengeschwindigkeiten von über 300 km/h Daten übertragen. Diesen Test hat Nokia-Siemens-Network (nsn) in Hochgeschwindigkeitszügen durchgeführt. Die Vorteile gegenüber UMTS sind weniger Störungen, eine konstante Leistung und eine sichere Übertragung.⁹⁴

Bei UMTS kamen neue Techniken zum Einsatz, wie zum Beispiel das OFDM (Orthogonal Frequenzy Division Multiplexing). Diese Technik teilt einen schnelleren Datenstrom in mehrere langsame auf, die gleichzeitig übertragen werden.⁹⁵ Hierdurch wird der Multipath fading-Effekt verringert.

Eine weitere Technik ist die MIMO-Technik. MIMO steht für Multiple Input, Multiple Output. Dabei werden auf Empfangs- und Sendeeinheit zwei oder mehrere räumlich voneinander getrennte Antennen eingesetzt. Durch das Übertragen mehrerer unabhängiger Datenströme über die Antennen kann die Geschwindigkeit weiter gesteigert werden.⁹⁶

Wichtig daran ist, dass es sich bei LTE um ein reines Datennetz handelt. Denn LTE baut immer auf IP-basierten Paketen auf.

Zusätzlich können noch weitere Störungen auftreten. So kann es durch andere Geräte, die Funkstrahlen bzw. Elektrosmog erzeugen, zu Interferenzen kommen, die die Frequenzen stark beeinflussen. Die Ursachen können hierbei sehr vielfältig sein. Der andere Effekt, der auftritt, ist der Doppler-Effekt, der jedem aus der Akustik des Alltags bekannt sein dürfte: Auf der Straße kommt uns ein Krankenwagen mit Martinshorn entgegen, während er auf uns zufährt, klingt der Ton höher, während der Ton bei der Wegfahrt wesentlich tiefer ist. Die akustischen Wellen werden hierbei beim Auftreffen auf das Ohr gestaucht bzw. gestreckt. „Aufgrund der hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen ist die Frequenzverschiebung durch Bewegung von Sender oder Empfänger oft vernachlässigt“ schreibt dazu Martin Brostmeister in seiner Arbeit.⁹⁷

5.5 eigene Messungen

Der große Nachteil an diesen Netzwerken ist allerdings, dass es keine garantierten Datenraten gibt. Eine solche Zusage zu einer garantierten Datenrate bieten die Provider nicht, zumal sie es bei LTE gesetzlich nicht dürfen.⁹⁸ Das bedeutet, dass man sich ein

94 vgl.: Gahrman, Nokia Siemens Networks, Präsentation Hamburg Open 26.1.2012

95 vgl.: Sauter 2011, 279

96 vgl.: Sauter 2011, 280

97 vgl.: Brostmeister 2007, 77 ff.

98 vgl.: Interview Ellenbeck 12.7.2012

Netzwerk mit allen Nutzern teilt. In Zeiten von Smartphones, welche immense Datenströme erzeugen können, kann es schnell zu Netzwerkzusammenbrüchen durch Überlastung kommen. So beschreibt Rainer Moser von der Firma „Live im Netz“ die Internetanbindung mit UMTS als teilweise „unberechenbar...“. Wir haben Tage davor ein Test gemacht, wo wir eine perfekte Internetanbindung hatten. Am Sendetag selber haben wir keine gescheiterten Datenraten mehr erreicht.“ Die Internetanbindung kann von Tag zu Tag stark schwanken. Dabei wird sie durch vier entscheidende Faktoren beeinflusst:

1. durch die Empfangsqualität (bei schlechtem Empfang sind die Datenraten sehr gering),
2. durch das Leistungsvermögen der Funkzelle,
3. durch die Auslastung der Funkzelle,
4. durch die Lage der Funkzelle.

So kann es sein, dass in einer hügeligen Landschaft der Empfang wesentlich schlechter ist, da das Signal durch die Hügel oder Berge stark abgeschwächt wird und es zu ungewollten Reflexionen kommt.

Diese Reflexionen können zu Wellenüberlagerung führen mit der Konsequenz, dass sich die Wellen gegenseitig auslöschen. Ebenso kann es zu dem sogenannten Multipath fading kommen.⁹⁹ Auf Deutsch übersetzt heißt das soviel wie Mehrwegempfang und tritt dann auf, wenn dieselben Funkwellen zeitlich versetzt auftreten. Es kommt zu einer Echobildung der Signale. Durch das zeitlich spätere Auftreten bereits vorhandener Signale kann es zu starken Einschränkungen beim Empfang kommen. Ursache können auch Reflexionen an Häusern sein, Brechung von Signalen an Wolken, Streuung an kleinen Objekten oder Beugung durch Kanten an Wohnhäusern oder Gebirgsszügen. Ein Lösungsansatz, dieses Problem zu minimieren, sind einmal effiziente Algorithmen, die diese Störungen erkennen und herausrechnen. Ein weiterer Ansatz ist die sogenannte MIMO-Technik, die in Kapitel 5.4. kurz beschrieben ist.

Um dieses zu verdeutlichen, wurden statistisch nicht relevante, individuelle Messungen an verschiedenen Orten durchgeführt. Einmal erfolgte eine Tagesmessung an Orten mit verschiedener Bebauungs- und Nutzungsstruktur in Berlin sowie eine Messung in Hamburg und eine auf einer Open-Air-Rockveranstaltung in Scheeßel, dem Hurricane-Festival.

Diese Messung wurde auf die Provider O2, Vodafone und T-mobile beschränkt, da diese zur Zeit die beste Netzabdeckung in Deutschland aufweisen. Die Tests wur-

99 vgl.: Sauter 2011, 279

den durchgeführt mit dem Service von speedtest.net. Verständlicherweise können diese Messergebnisse keinen repräsentativen Wert darstellen, da sie nur eine Verbindung zu einem bestimmten Server und zu einer bestimmten Zeit erstellt haben. Durch verschiedene Knotenpunkte im Internet kann die Anwendung eines anderen Servers wesentlich besser oder schlechter sein. Ebenso wurde mit diesem Service nur kurzzeitig die Durchschnitts-Download- und Uploadrate gemessen. Beim Streaming allerdings sind konstante Datenraten äußerst wichtig.

Die Messstationen waren dabei im urbanen Raum auf Hamburg ausgewählt, um einen Langzeitverlauf zu messen und auf Berlin, um den Tagesverlauf zu messen. Das Hurricane-Festival mit angenommener sehr hoher lokaler Handynutzung galt als messtechnischer Stresstest. Zusätzlich boten viele weitere kleinere spontan ausgewählte Messstationen eine nicht repräsentative Ergänzung. Jedoch können diese Messungen Tendenzen aufweisen und einen Trend zeigen. Es wurde dabei gezeigt, dass das Handynetz zuverlässiger ist als in Fachkreisen angenommen wird.

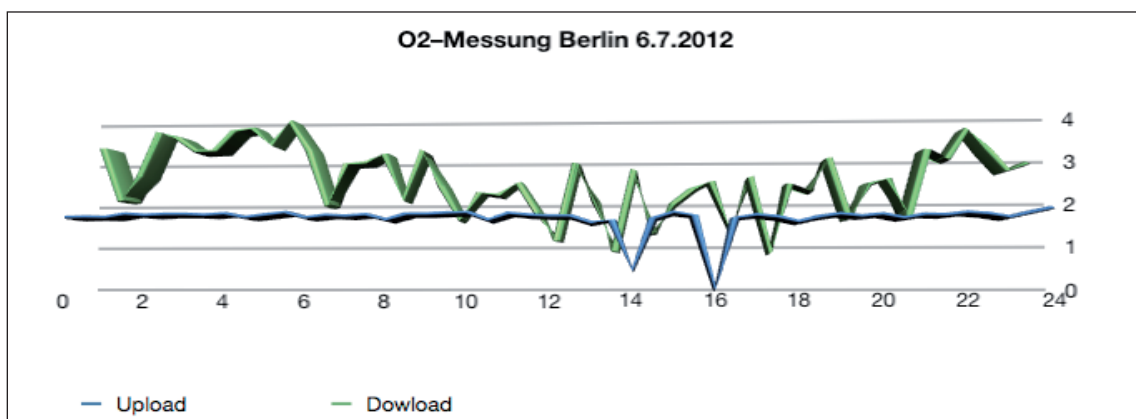


Abb. 47 Messung im O2-Netz in Berlin über 24 Stunden von 0 bis 24 Uhr

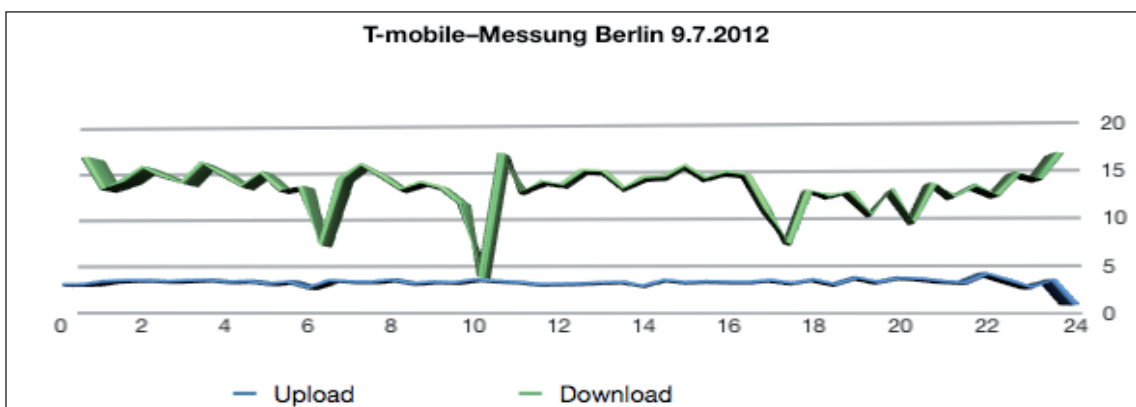


Abb. 48 Messung im T-mobile-Netz in Berlin über 24 Stunden von 0 bis 24 Uhr

So ist bei keiner einzigen Messung das Handynetz über einen längeren Zeitraum vollständig zusammengebrochen, wie es früher der Fall war. Dieser Umstand ist zum einen dem konsequenten Ausbau des Handynetzes in den letzten Jahren zu verdanken. Dieser wurde vor allem durch die gestiegene Anzahl von Smartphone-Nutzern vorangetrieben. Ebenso errichten die Provider in Gebieten, in denen extreme Bedingungen vorauszusehen sind, so genannte Picozellen. Diese sind zusätzliche Zellen neben den normalen bereits vorhandenen Funkzellen, die Spitzenlasten abfangen sollen. Diese Praxis wurde wahrscheinlich auch während der Messungen beim Hurricane-Festival angewandt. Ebenso wurden die Reserven von einer anderen Basisstation über Richtfunk benutzt.

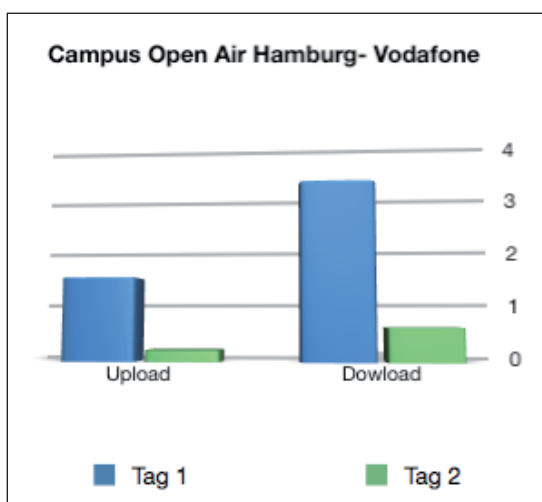


Abb. 49 Messungen im Hamburger Vodafone-Netz an zwei Tagen

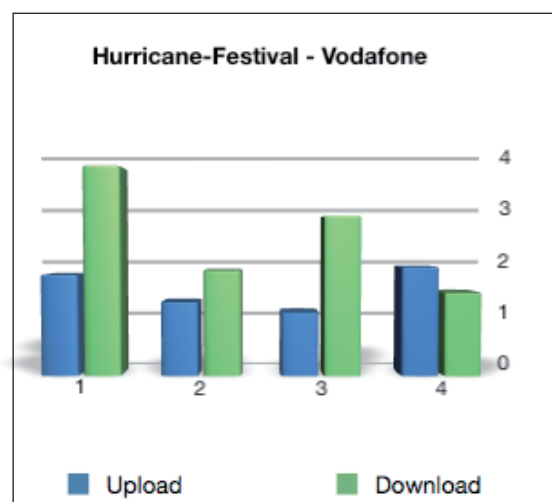


Abb. 50 Messungen im Vodafone-Netz an vier Tagen in Scheeßel

Allerdings kam es zu starken Einschränkungen im Vodafone Netz bei der Messung während des Hamburg Campus open air. Obwohl am Tag zuvor ähnliche Bedingungen herrschten, war am zweiten Tag des Festivals das Handynetz wesentlich schlechter. Hieran zeigt sich, dass sich die Auslastungen von einzelnen Zellen bei Großveranstaltungen nur äußerst schwer vorhersagen lassen. Ebenso war es interessant zu beobachten, dass bei den Tagesmessungen in Berlin sowohl bei Vodafone als auch bei O2 die im Upload erreichten Datenraten sehr konstant waren, wohingegen die im Downloadbereich erzielten Datenraten sehr starken Schwankungen unterworfen waren. Dies hat zum einen auch den Grund, dass man mit Smartphones eher Daten konsumiert, also sie herunterlädt. Es ist eher selten, dass man einen eigenen Content erstellt. Hier ließ sich

bei O2 beobachten, dass im Upload eine Schwankung zwischen 13 und 14 Uhr sowie gegen 16 Uhr stattfand. Dies ist zum einen die Zeit, in der die meisten Beschäftigten bei den Firmen im Umkreis Mittagspause haben und Content hochladen. Ebenso haben ab 16 Uhr viele Arbeitnehmer Feierabend, wodurch sich die zweite Schwankung erklären lässt.

Ein weiterer Teil waren die Messungen in der Umgebung von Mittweida. Diese Region wurde ausgesucht, weil sie eine der ersten mit LTE-Versorgung war. Überdies bietet sich die Gegend an, da sie aufgrund ihrer hügeligen Landschaft die Signalausbreitung erschwert und man so verschiedene Messergebnisse durch unterschiedliche Basisstationen erhalten kann. Die Versuchsreihe bot dabei einen interessanten Querschnitt über verschieden dicht besiedelte Räume. Die Großstadt fehlt zwar in dieser Versuchsreihe, allerdings ist dieser Mangel nicht relevant, da es zum Zeitpunkt der Messung keine Großstadt mit einer nennenswerten LTE-Abdeckung gibt.

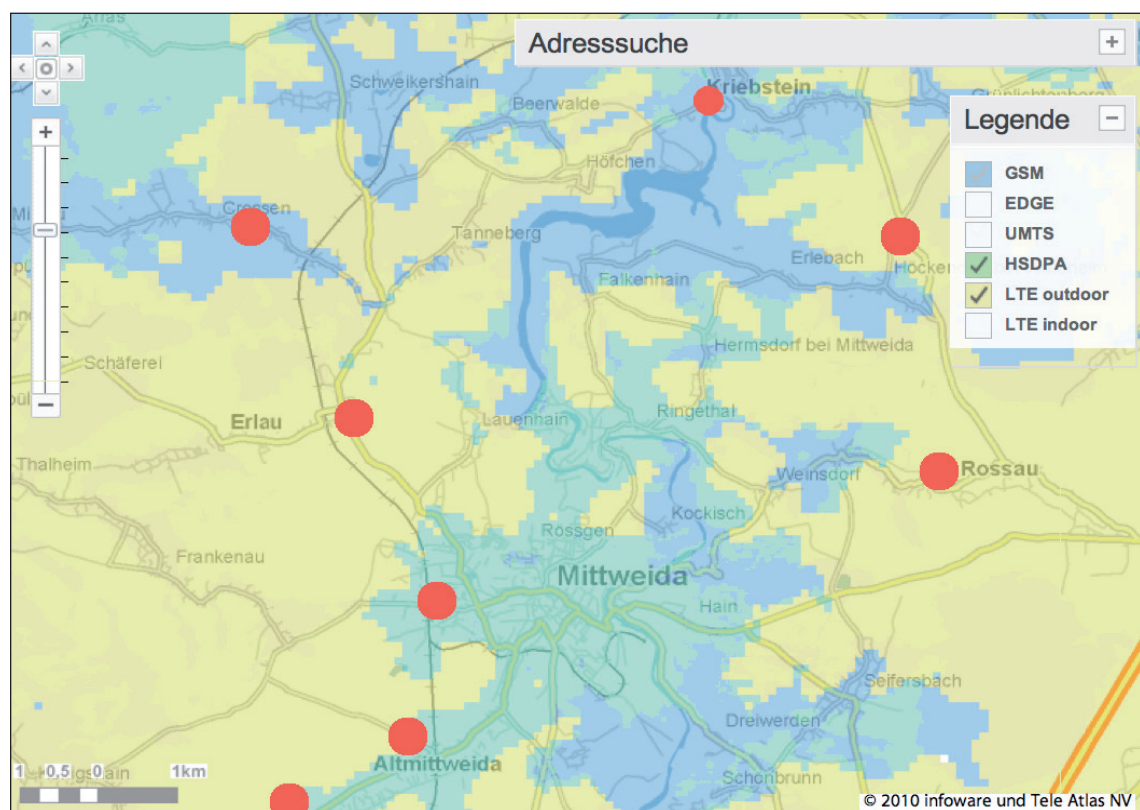


Abb.: 51 Übersicht über die Messpunkte für LTE-Messungen in und um Mittweida

In dem Versuch wurde immer mit MIMO-Richtantennen gearbeitet, um einen möglichst optimalen Empfang zu ermöglichen. So war auch ein recht guter Empfang in Gebieten vorhanden, in denen die LTE -Abdeckung laut Karte nicht mehr gegeben war. Das LTE wurde im 800 Mhz-Band gemessen. Dafür kamen Lat 22-Antennen von Wittenberg-Antennentechnik zum Einsatz, sowie die Lat 54-Breitband- Antenne für das Messen von 2G und 3G. Beide Antennen haben laut Datenblatt eine Verstärkung von 24 db. Bei den Messungen wurde jeweils mehrfach mit unterschiedlichen Servern Messungen durchgeführt und dann der Durchschnitt der Werte übernommen.

Erstaunlich war die hohe Reichweite von LTE in abseits gelegenen Orten. Dies ist unter anderem der niedrigen Frequenz und dem sehr fortschrittlichen Protokoll zu verdanken, so dass selbst bei vergleichsweise schlechtem Empfang von 3G , das höchstwahrscheinlich von derselben Basisstation gesendet wird, die erzielten Datenraten noch durchweg brauchbar waren.

Ebenso erwies sich LTE in der städtischen Bebauung von Mittweida als sehr gut. Einzig in der Ortschaft Obercrossen war kein Signal zu empfangen. Allerdings gab es hier nur 2G mit sehr schlechten Datenraten. 2G wird ebenfalls auf einer niedrigen Frequenz gesendet, wie es schon im Kapitel über Frequenzen beschrieben ist.

Allerdings sollte erwähnt werden, dass die Datenraten für LTE recht gering waren. Das ist höchstwahrscheinlich dem Umstand zu verdanken, dass es zum einen eine recht hohe Auslastung des LTE-Netzes durch Heimanwender gibt (LTE wird auch als DSL-Alternative in Orten ohne DSL eingesetzt), zum anderen daran, dass das Kernnetzwerk, auf dem LTE in der Basisation aufgesetzt ist, nicht mehr Leistungsvermögen hat, da es auch die Datenströme von 2G und 3G bewältigen muss. Theoretisch sind deutlich höhere Datenraten möglich.

Gebiet	Provider	Ping ms	Download Mbit/s	Upload Mbit/s
Mitweida	LTE-vodafone	50	8,1	2,9
Bahnhofplatz	vodafone (3G)	122	6,2	1,8
50°55'12.81"N	O2 (2G)	469	0,07	0,06
012°57'38,24" E	T-mobile (3G)	68	13,27	3,05
Altmittweida	LTE-vodafone	50	6,5	2,2

Gebiet	Provider	Ping ms	Download Mbit/s	Upload Mbit/s
Hauptstraße	vodafone (3G)	187	5,48	1,86
50°58'04,29"N	O2 (2G)	427	0,20	0,09
012°57'28,98" E	T-mobile (2G)	159	0,18	0,19
Altmittweida	LTE-vodafone	47	5,91	2,8
Ortsausgang W	vodafone (3G)	186	4,34	1,85
50°57'48,59 N	O2 (2G)	358	0,22	0,12
012°56'30,92" E	T-mobile (2G)	115	0,21	0,12
Obercrossen	LTE-vodafone	--	----	---
Ortsmitte	vodafone (2G)	338	0,10	0,02
51°01'57,85" N	O2 (kein Netz)	--	--	--
012°55'31,84" E	T-mobile (G2)	551	0,02	0,00
Erlau	LTE-vodafone	49	15,04	2,78
Hauptstraße 24	vodafone (2G)	174	0,21	0,19
51°00'31,56" N	O2 (2G)	371	0,11	0,04
012°56'47,40" E	T-mobile (2G)	320	0,12	0,16
Rossau	LTE-vodafone	45	13,49	1,37
Hauptstraße 208	vodafone (3G)	87	3,9	2,9
50°59'48,42" N	O2 (kein Netz)	--	--	--
0,13°03'27,99" E	T-mobile (2G)	165	0,15	0,05
Höckendorf	LTE-vodafone	106	5,61	1,36
S 32	vodafone (3G)	106	5,61	1,36
51°01'41,02" N	O2 (2G)	364	0,10	0,04
013°02'58,81" E	T-mobile (3G)	99	10,92	2,41
Kriebstein	LTE-vodafone	82	8,67	1,62
Parkplatz	vodafone (3G)	165	2,2	0,7
51°02'28,53" N	O2 (2G) kein Netz	--	--	--
013°00'28,84" E	T-mobile (2G)	77	2,87	1,27

Tabelle 3: eigener Messungen bei verschiedenen Providern im Raum Mittweida



Abb. 52 LTE-Messungen bei Rossau



Abb. 53 LTE-Messungen in Erlau an der Hauptstraße



Abb. 54 Versuchsaufbau auf dem Parkplatz der Kriebstein-Talsperre zur LTE-Messung



Abb. 55 Messergebnisse bei T-mobile auf dem Bahnhofsplatz in Mittweida

5.6 Bündelung von Daten

Eine weitere Möglichkeit ist es, Daten über verschiedene Datenkanäle zu verschicken. Das kann zum Beispiel eine UMTS-Verbindung, eine LTE- oder eine WLAN-Verbindung sein. Hierbei müssen die verschiedenen Datenpakete über verschiedene Leitungen getrennt an einem Server gesendet werden, von dem sie wieder zusammengefügt werden. Man kann sich das ungefähr so vorstellen, als ob ein Zug im Bahnhof starten würde, während der Fahrt die Waggonen auf unterschiedlichen Strecken weiterfahren und kurz vor dem Zielbahnhof wieder in der richtigen Reihenfolge für den letzten Fahrtabschnitt zusammengesetzt würden.

Der Vorteil dieser Methode ist es zum einen, dass man durch die Auslastung der maximalen Datenraten verschiedener Leitungen ein viel höheres Upload schafft, als es bei einer einzelnen Leitung vorhanden wäre. Ebenso wird auch eine größere Redundanz geschaffen, da es nicht weiter tragisch ist, wenn eine Leitung ausfällt. Es käme nicht zum Totalverlust, sondern nur zu einer Reduzierung der Uploadrate. Dieses System bietet eine effektive Sicherheit, da es eine Redundanz über verschiedene Netzwerke schafft.

Ein großer Nachteil bei diesem System ist es, dass es zum einen mehr Kosten verursacht, da man verschiedene SIM-Karten von mehreren Providern nutzen muss. Darüber hinaus bedarf es noch eines Servers, der die verschiedenen Datenpakete wieder zu einem Stream zusammenfügt.

Ebenso ist das System nach wie vor nicht einsetzbar in Gebieten, in denen es keine ausreichende Mobilfunkabdeckung gibt. So hatte zum Beispiel ein großer deutscher Nachrichtensender bei der letzten Anti-Castor-Demonstration einen UMTS-Rucksack dabei. Jedoch gab es in der Gegend von Lüchow-Dannenberg gar keinen Handyempfang auf Datenbasis. Es musste spontan noch eine Verbindung auf einem anderen SNG eingekauft werden, dazu noch die eines Konkurrenz-Senders.¹⁰⁰ Ansonsten haben die Systeme die gleichen Vorteile wie zum Beispiel das Übertragen über UMTS oder ein anderes drahtloses Netzwerk mit nur einer Leitung.

Im folgenden Abschnitt wird hier ein in Deutschland am meisten verbreitetes System vorgestellt und es wird auf seine Kosten eingegangen. Als zweites System wird ein sehr freies und selbst zu konfigurierendes System der Firma Teradek gewählt, welches in den USA schon eine weite Verbreitung hat. Allerdings ist dieses System in Deutschland zur Zeit bei den Händlern (Unity Livestream und MCI) noch in der Testphase.

5.6.1 Die Firma Live-U

Die Firma Live-U kann als ein Pionier in der Streaming-Technik über mobile Handynetzwerke gelten. Live-U veröffentlichte im Jahr 2008 ihre erste Product-Linie und vertrieb ihre Produkte im Jahr 2009 in über 40 Länder.¹⁰¹ Live-U bietet dabei einen Komplettservice an, bei dem die Server verwaltet werden, die die Gegenstelle unterhält, und die Abrechnungen mit den Providern vornimmt. Kurzum, ein sogenanntes all-inclusive-Paket mit nur einer Rechnungsstelle.

Die Preise liegen bei 1890 Euro im Monat, bei diesem Tarif sind nur 10 Std inklusiv.

Es gibt auch die Möglichkeit, den Server, der die Datenströme entgegennimmt und zusammenführt, vor Ort zu installieren. Hierzu bietet Live-U eine Server-Lizenz, die 2500 Euro kostet zzgl. der Übertragungseinheit für 13000 Euro.¹⁰²

5.6.2 Die Firma Teradek Bond

Eine weitere Lösung bietet der amerikanische Hersteller Teradek an mit seinem Bond-System. Bei diesem System handelt es sich wie bei dem System Live-U um eine mobile Lösung, die aus einem H.264 Encoder besteht.

Der große Vorteil hierbei ist einmal der günstige Anschaffungspreis von ca. 5000 € für die Hardware. Die Software ist frei verfügbar. Man kann sich das System auf jedem Linux-basiertem Computer einrichten, ebenso kann man den Cloud-Service von Amazon¹⁰³ frei nutzen.

In Deutschland ist dieses System noch nicht weit verbreitet.

5.7 Femtozellen/ Picozellen im LTE-Bereich

Eine Möglichkeit, um der „Unberechenbarkeit“ des Mobil-Funknetzes aus dem Weg zu gehen, wäre es, seine eigene Mobilfunkzelle aufzubauen. Dies ist durchaus möglich, allerdings noch nicht weit verbreitet. Hierfür gibt es verschiedene Systemansätze.

Zum einen gibt es die sogenannten Femto- und Pico-Zellen. Hierbei handelt es sich um ein System, welches der Benutzer bei sich zu Hause an den Internetanschluss

101 vgl.: http://www.liveu.tv/about_liveu.html Stand 20.6.2012

102 vgl.: <http://shop.teltec.de> Stand 6.8.2012

103 vgl.: Teradek bond-Produktseite <http://www.teradek.com/bond.html> Stand 7.8.2012

anschließt. Dieses System baut dann eine eigene Funktion auf, zu dem nur der Besitzer Zugang hat. Die Geräte sind meist nicht größer als ein Router. Ebenso ist ihre Reichweite äußerst gering. Es wäre mit den heutigen WLAN-Netzen zu vergleichen. Die Femtozelle stellt nun eine Verbindung zu dem Kernnetzwerk des Betreibers (des Providers) her. Dabei ist diese Zelle nur so leistungsfähig wie der DSL-Anschluss. Ziel ist es, das Mobilfunknetz zu entlasten und ein kontinuierliches Netz zu Hause zu schaffen. Allerdings ist diese Technik noch in der Entwicklung und wird bisher nur in Großbritannien vertrieben. Anders sieht es bei den Picozellen aus, die auf dem gleichen Prinzip aufbauen, allerdings individuelle Lösungen für große Firmen sind und somit eine größere Reichweite aufweisen.

Ein ganz anderer Ansatz ist es, ein autarkes Netzwerk aufzubauen. Ein solches System, welches auf LTE aufbaut, ist von Nokia Siemens Networks entwickelt worden. Hierbei baut man für ein Event eine eigene Funkzelle auf. Innerhalb dieses Netzwerkes können Daten mit zugesicherten Bandbreiten übertragen werden. Die Reichweite liegt unter normalen Bedingungen bei 10 bis 20 km, kann allerdings bei geringen Datenraten und idealen Bedingungen (zum Beispiel in der Wüste) bis zu 50 km betragen.¹⁰⁴ In diesen Netzwerken ist es möglich, Datenraten von über 40 Mb/s in beiden Richtungen zu erhalten.

Eine interessante Anwendung wäre es, zum Beispiel auf einer Rennstrecke alle Strecken- und Bordkameras mit einer Encoderbox auszustatten, die eine LTE-Sendeinheit beinhaltet. Die Kameras können mit extrem geringen Latenzzeiten das Signal zur Station übertragen, wo auch der Ü-Wagen steht. Nur für die Datenübertragung (das Codieren und Decodieren ausgeschlossen) kann man eine Latenzzeit von unter 20 ms erreichen.

Eine weitere Möglichkeit wäre es, eine solche Funkzelle z. B. an einem Fußballstadion fest zu installieren und bei Spielen zu aktivieren. Das Netzwerk kann mit einer Glasfaserleitung ans Internet angeschlossen sein. Ebenso wäre es theoretisch möglich, gar keinen Übergang mehr zu benötigen. Die Regie könnte dann auch außerhalb der Funkzelle/ des Stadions sitzen und wäre somit nicht mehr ortsgebunden, was Personalreisekosten erspart. Durch diese Zelle könnte ein bestimmter Raum für das Internet den Journalisten zugeteilt werden, die dadurch qualitativ gute Liveschaltungen realisieren könnten. Ebenso ist denkbar, dass das mobile Netz anderer Provider unterstützt werden kann. Nokia Siemens Networks fasst das System folgendermaßen zusammen: „Über-

104 vgl.: Gahrman, Nokia Siemens Networks, Präsentation Hamburg Open 26.1.2012

tragung von Daten, Bildern und Sprache für mehrere 100 Geräte in einem Umkreis von 10 km...“.¹⁰⁵

5.8 Sonstige terrestrische Funkübertragungssysteme

Natürlich gibt es noch viele weitere Möglichkeiten der terrestrischen Funkübertragung. Allerdings sind diese Funkübertragungen in den meisten Fällen lokale Lösungen, da sie nicht kosteneffizient flächendeckend verbreitet werden können. Es sind meist zellulär verbreitete Systeme.

Eine Möglichkeit, die von einigen Lokalsendern, wie zum Beispiel von dem Sender Hamburg 1, betrieben wird, ist ein eigener Übertragungswagen, der mit DVB-T arbeitet. Hierbei mietet sich der Sender auf dem Hamburger Fernsehturm eine Frequenz an, über die er dann sendet. Die sogenannte DENG (Digital Electronic News Gathering) ist mit einer DVB-T-Antenne ausgestattet, über die sie die Signale sendet. Der Fernsehturm nimmt diese entgegen und leitet sie entweder auf einem eigenen Datenkabel oder per Funk als Relaisstation an den Sender weiter. Der Nachteil dieses Systems ist, dass es nur lokal eingesetzt werden kann, nämlich nur in der Sendeabdeckung des Funkmasten. Ein großer Vorteil liegt darin, dass aufgrund der niedrigen Sendefrequenz eine hohe Durchdringung stattfindet. So ist eine Übertragung aus Häuserschluchten kein Problem.

Ebenso gibt es auch diverse Hersteller, die Funkstrecken herstellen. Diese wären unter anderem die Firmen Riedle und Vislink. Diese Systemen unterscheiden sich in mehreren Aspekten, so dass in dieser Publikation nicht genauer auf die einzelnen Merkmale eingegangen werden kann. Natürlich ist auch die Reichweite von diesen zellulären Systemen beschränkt. Um dieses zu umgehen, gibt es die Möglichkeit, mehrere Basisstationen zu errichten, zwischen denen die Sender wechseln können. Eine zentrale Einheit übernimmt hier die Handover-Prozedur. Ein solches System wird oft bei Sportveranstaltungen über weite Strecken wie beim Marathon zur Übertragung der Kamerasignale von den begleitenden Motorrädern genutzt.

Viele dieser Geräte bieten die Möglichkeit, verschiedene Modulationsverfahren einzustellen. So beherrschen z. B. die Geräte von VisLink auch DVB-T¹⁰⁶, allerdings in einem anderen Frequenzbereich. So können die Techniker die beste Modulationsart für den Verwendungszweck auswählen. In der Regel senden diese Geräte wesentlich hoch-

¹⁰⁵ vgl.: Gahrman, Nokia Siemens Networks, Präsentation Hamburg Open 26.1.2012

¹⁰⁶ vgl.: <http://www.vislink.com/broadcast/>

frequenter im Mikrowellenbereich.

Auch hier ist die Umgebung von elementarer Bedeutung. Bei einem Test in Hamburg war es im Jahre 2011 an der Binnenalster ohne Probleme möglich, von der zur Binnenalster zugewandten Seite bis zum Rathausmarkt zu übertragen (ca. 750 Meter.). Allerdings erwies es sich als schwer, von der Lombardsbrücke zu der Straße an der Alster zu senden. Zwischen Sender und Empfänger waren auf gleicher Höhe die Kennedybrücke und eine Eisenbahnbrücke. Zusätzlich behinderten viele Bäume die direkte Verbindung. Das Signal erwies sich aufgrund der vorbeifahrenden Züge und der Bäume als äußerst instabil und brach öfter zusammen. Dabei wurde hier zusätzlich mit Sektorenantennen an beiden Geräten gearbeitet, um die Reichweite zu erhöhen. Die Entfernung betrug hier nur 350 Meter. Bei dem anderen System wurden auf Empfängerseite mit Sektorenantenn und auf Senderseite mit ein Rundantenne gearbeitet. Je nach Bedingung und Auslegung sind mit diesen Systemen ca. 2,5 km möglich. Allerdings können hier schonabhängig von der Umgebung Störungen auftreten.¹⁰⁷

Mit einem Idealen Empfangspunkt und möglichst wenigen Hindernissen und einer Erhöhung der Sendeleistung wäre durchaus eine Reichweite bis zu 6 km möglich. Die Latenzen variieren stark (40-400 ms und mehr), je nach System und der verwendeten Videokompriemierung.

Eine weitere Möglichkeit ist die so genannte Wimax-Technologien, die zu der 4. Generation (4GP – 4. Generation Partnership) zählt, zu der auch LTE gehört. Diese Technologie findet in Deutschland nur begrenzte Verbreitung, im Fernsehbereich in Deutschland jedoch noch nicht. Beim Wimax wird auf der WLAN-Technologie aufgebaut.¹⁰⁸ Es sind aber nicht so hohe Reichweiten mit großer Datenübertragung wie bei LTE möglich. So konnte in einem Test aus dem Jahre 2006 der Uni Ulm auf einer Strecke von 31,6 km noch eine Datenrate von 5,6 Mbit/s erreicht werden. In einer dörflichen Umgebung war diese Datenrate durch die Bebauung nur in einem Umfeld von ungefähr 4,5 Kilometern möglich. In der Stadt verhielt es sich teilweise besser, da durch die hohe Bebauung die Signale wesentlich mehr Reflektorflächen haben und sich somit teilweise besser verbreiten. Allerdings war hier der Empfang in Straßen, die den gleichen Abstand zur Basisstation hatten, sehr unterschiedlich.¹⁰⁹ Somit ist die Reichweite der vom LTE-Netz weit unterlegen.

Eine vierte Möglichkeit, die hier noch erwähnt werden soll, ist der Aufbau eines eigenen WLAN-Netzes mithilfe von Richtfunkantennen. Hierbei richtet man zwei dieser

107 Vgl Brostmmeister s.79 Mexelberger 66ff.

108 vgl.: IEEE 802.16 / WiMAX
<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0904211.htm> stand 4.8.2012)

109 vgl.: Klenk, Reichweite und Breitbandtests, Uni Ulm 2006

Antennen im WLAN-Bereich aufeinander aus und kann so eine Point to Point-Verbindung herstellen. So hat zum Beispiel ein Verein einen Internetzugang vom Nachbarort bezogen. Mit einem WLAN im 5 GHz-Bereich erzielte der Verein bei guten Bedingungen eine Reichweite von 6,8 km und dabei eine Datenrate von ungefähr 24 Mbit je Sekunde.¹¹⁰ Laut Datenblatt kann bei idealen Bedingungen bei einigen besonderen Antennen eine Reichweite bis zu 30 km mit 11 MBit je Sekunde möglich sein.¹¹¹

Es sollte beachtet werden, dass die Basisstation möglichst hoch liegt, damit die Funkwellen durch möglichst wenig Objekte gestört werden. So wird zum Beispiel teilweise auch ein Hubschrauber als Relaisstation eingesetzt.

Allerdings sollte beachtet werden, dass alle Funkstrecken eine Genehmigung der Bundesnetzagentur brauchen. Eine Ausnahme gilt hier nur für die Frequenzen, die den Ism-Band zugeordnet werden. Ism steht für Industrial, science, medicine. Diese dürfen frei benutzt und müssen nicht angemeldet werden. Die Sendeleistung darf bei diesen Geräten 100 mW nicht übersteigen.¹¹²

5.9 Fazit über terrestrische Netzwerke

Terrestrische Netzwerke sind oft nur als lokale Netzwerke zu nutzen. Sie können aufgrund ihrer Beschaffenheit keine größere Reichweite bieten. Eine Ausnahme bilden hier die Mobilfunknetze, die zumindestens in Deutschland einzelnen Nutzern keine garantierte Bandbreite geben können.¹¹³

Allerdings bieten die terrestrischen Netzwerke auch viele Vorteile. Es bedarf keiner direkten Sichtverbindung zu der Gegenstelle, da die Frequenzen die Hindernisse entweder durchdringen oder von Gegenständen reflektiert werden. Natürlich kommt es hierbei auch zum Verlust von Signalen, allerdings fällt dieser nicht so stark in das Gewicht, wie es bei der Satellitensendetechnik der Fall wäre, wo ein optisches Hindernis schon den Totalverlust des Signals bedeutet.

Aufgrund dieser Eigenschaften bietet sich dieses System in einem lokal beschränkten Areal an, in dem eine hohe Dichte an Berichterstattungen aufkommt. Daher finden diese Systeme oft im urbanen Raum Verwendung. Denn auch hier gestaltet sich die Übertragung mit Satellitensystemen oft als schwierig, da eine vorhandene Häuserschlucht die direkte Sichtverbindung zum Satelliten oft verhindert. Ebenso sind

110 vgl.: <http://www.wlan-skynet.de/docs/richtfunk/reichweite.shtml> Stand 8.8.2012

111 vgl.: <http://www.tp-link.com.de/products/details/?categoryid=217&model=TL-ANT2424B#spec> Stand 8.8.2012

112 vgl.: Bundesnetzagentur ism.band
http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1932/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung-Telekommunikation/Frequenzordnung/Allgemeinzuteilungen/ISMfrequenzen_Basepage.html Stand 8.8.2012

113 vgl.: Bundesnetzagentur, Präsidentenkammerentscheidung zur Vergabe von Frequenzen für den drahtlosen Netzzugang vom 12.10.2009 (ABl. 20/2009, Vfg 59/2009), 99ff.

diese Systeme durch ihre Bauart wesentlich kompakter. Auch hier gibt es von System zu System Unterschiede in Handling und Übertragungsleistung.

Mit einigen terrestrischen Systemen kann man sich sogar frei bewegen und sich auch in Gebäuden aufhalten. Hierdurch ergibt sich ein sehr schneller und individueller Einsatz. Diese Einsatzmöglichkeit ist allerdings stark von der Beschaffenheit und Art des Systems abhängig. So besitzt z.B. der britische Fernsehsender in London ein Motorrad zur Berichterstattung, das eine komplette Sendeinheit beinhaltet. Ebenso hat NTV in Berlin ein handliches System im Einsatz, das komplett an den V-Mount der Kamera angedockt wird.

Der Sender Hamburg 1 betreibt auf DVB-T-Basis einen kleinen Übertragungswagen.

6.0 Streaming Media

In diesem Kapitel sollen stark vereinfacht die Funktionen von Internetprotokollen vorgestellt werden.

Im Internet werden Daten in sogenannten Paketen verschickt. Dabei werden die großen Dateien in viele kleine Pakete zerteilt, die dann mit einer Zieladresse und Quelladresse versehen werden. Diese Zieladresse ist auch als IP bekannt. Die Daten werden mithilfe von sogenannten Protokollen übermittelt. Da das klassische TCP-Protokoll nicht so gut für das Streamen geeignet ist wie andere Protokolle, kommen hier das UDP oder RTP oder andere verwandte Protokolle zum Einsatz, die die großen Datenmengen schneller bewältigen können.

Beim Streamen ist auch zu beachten, dass immer Daten zwischengespeichert (gepuffert) werden müssen, damit ein flüssiges Abspielen der Datenpakete und deren Inhalt gewährleistet ist.

Manchmal teilt sich ein Computer hinter einem Netzwerk mit mehreren anderen Computern über einen Router eine IP-Adresse. Um diesen Computer dennoch zu erreichen, gibt man hinter der IP-Adresse einen Port an, welchen der Router an den Computer weiterleiten soll. Das sogenannte Port Forwarding muss an dem Router fest eingestellt werden.

Ein weiteres Problem ist das Wechseln der IP-Adresse. Dieses passiert bei den meisten Providern um Mitternacht und würde zu einem Verlust der Übertragung führen.

Um dies zu verhindern, gibt es verschiedene Lösungsansätze.

Zum einen kann man sich eine feste IP-Adresse bei seinem Provider gegen einen Kostenzuschlag schalten lassen. Dies ist auch bei allen größeren Fernsehanstalten der Fall.

Die andere Möglichkeit ist es, sich eine dynamische DNS anzulegen. Diese ist meist für einen gewissen Zeitraum kostenlos. Ein dynamischer DNS- Server steht für den Begriff Domain Name System Eintrag. Das bedeutet, dass der Computer unter einer Domain (z. B. www.ichliebemittweida.cc.org) erreichbar ist. Allerdings kann es bei diesen Servern teilweise auch zu Problemen beim IP-Wechsel kommen, so dass auch hier der Stream und somit die Übertragung komplett abbrechen kann.

Die dritte Möglichkeit ist es, über einen weiteren Server zu gehen. Der Sender sendet an den Server die Videodaten, welche sich dann der Empfänger entgegennehmen kann. Der Vorteil dieses Systems ist es, dass man auf Grund der hohen Bandbreite den Stream an mehrere Empfänger verteilen kann. Dies wäre ansonsten noch nicht möglich, da die Bandbreite nicht ausreicht und viele Knotenpunkte im Internet das Verteilen an verschiedene Empfänger nicht unterstützen.

Der Nachteil ist allerdings, dass es hierdurch zu höheren Latenzzeiten kommt.

7.0 Fazit

Letztendlich kann man nicht mit Sicherheit sagen, welche Übertragungstechnik die beste, schnellste und stabilste ist. Jede hat entsprechend den geforderten Vorgaben ihre Vor- und Nachteile. Allerdings soll man für sich persönlich und das Projekt die am besten geeignete Technik auswählen können.

Dabei spielen folgende Kriterien die wichtigste Rolle:

- Übertragungssicherheit
- Mobilität und Flexibilität
- Kosten
- Verwendungszweck

Man muss zwischen den Vor- und Nachteilen eines jeden Systems unter Wertung der persönlich wichtigen Punkte abwägen und erkennt schnell, dass es auch in dieser komplexen und sich fast jährlich erneuernden Technik (noch) nicht die „eierlegende

Wollmilchsau“ gibt.

Noch ist es kaum vorstellbar, dass die traditionelle Übertragung mit Hilfe des Sendens über SNGs komplett vom Markt verschwinden wird. Allerdings ist mit Sicherheit davon auszugehen, dass dieses Einsatzgebiet in den nächsten Jahren durch die Verdrängung mit transportablen Systemen geringer wird.

Natürlich spielt der rasante Aufbau des Internets und die damit mögliche schnelle Übertragung von Daten auch hier eine große Rolle, zumal die Empfangstationen leistungstarke Internetanschlüsse verfügen.

Jedoch ergeben sich auch neue Möglichkeiten. So konnte zum Beispiel der Anbieter Westcom¹¹⁴, der für ‚sat1 17:30‘ produziert, auf diese Weise über einen Rucksack von Live-U kostengünstig Liveschaltungen durchführen, die ohne diese Technik sonst nicht möglich wären. Allerdings muss hier auch die Unsicherheit des Leitungsnetzes eingeplant werden.

Ebenso ist es möglich, sich zum Beispiel frei in einer Fußgängerzone zu bewegen. Dies wäre mit einem klassischen SNG nicht ohne weiteres durchzuführen. Auch andere an Satelliten gebundene Systeme wären für eine solche Produktion nicht einsetzbar.

Zu berücksichtigen ist die Frage, wo man sich befindet. Es wird schwer sein, ein riesiges Fly-away zum Beispiel in ein Krisengebiet mitzunehmen. Ebenso kann man nicht eine halbe Stunde unter den extremen Bedingungen in solchen Gebieten mit dem Aufbau einer Satellitenschüssel verbringen. Hier kommt BGAN zum Einsatz, das zwar eine sehr schlechte Qualität für Live-Übertragungen hat, dafür aber keinen Techniker zum Auf- und Abbau benötigt und zudem selbst schnell auf- und abgebaut werden kann. Dieses System wäre somit prädestiniert für eine Krisenberichterstattung.

Auch hier werden neue Codecs wie HEVC die Qualität deutlich steigern können.

Als Fazit lässt sich sagen, dass sich SNG over IP langfristig durch seine Flexibilität und Kosteneffektivität durchsetzen wird. Das Handynetz wird nur weitere spezielle Bereiche abdecken, da es in absehbarer Zukunft keine zugesicherten Bandbreiten geben wird. So ist auch zu beobachten, dass durch die Verkleinerung und Vereinfachung der Technik immer mehr Einsparungen an Personal vorgenommen werden. Es ist selbstverständlich, dass eine Person allein nicht den hohen Standard, der bis jetzt vorgegeben wird, weiter aufrecht erhalten kann.

Die Late Night-Show von NBC hat dieses sehr passend karikiert und zwar in der

114 vgl.: Regionale Themen On Air, 14.07.2011
<http://www.film-tv-video.denewsdetail+M50b01b8f086.html>

Sendung mit einer Person, dem „One Man Uplink – Al Franken“ Das ist ein Reporter, der die Kamera an einer Art Steadicam befestigt hat und sie so mit einer Hand halten kann. Zeitgleich ist er verantwortlich auch für den Ton und hat eine Satellitenschüssel auf dem Kopf. Dabei darf er sich natürlich nicht bewegen, da ansonsten das Signal wegbricht.

Es erscheint zwar übertrieben, aber dennoch wird diese Praxis zum Teil jetzt schon betrieben. Ein Videojournalist (Vj), der mit einem „Henkelmann“, also einer Handkamera, ausgestattet ist, mit Stativ arbeitet und zusätzlich auf der Kamera eine LTE-Sendeeinheit hat, entspricht schon ziemlich genau diesem Bild. Es ist zwar erstaunlich, inwiefern die Videojournalisten qualitativ hochwertige Berichte abliefern, allerdings können sie nicht das leisten bzw. abliefern, was ein klassisches EB-Dreier-Team vollbringt.

Zusammenfassend kann man nur sagen, dass die neue Technik zwar neue Möglichkeiten eröffnet, sie aber dennoch qualifiziertes und auf die neue Technik geschultes Personal braucht. So sollte sich jeder weiter auf sein eigentliches Gewerk konzentrieren, damit es keine „one man uplinks“ gibt.



Abb. 56 The „One Man Uplink“ aus der Late Night-Show des NBC

7.1. Tabellarische Übersicht der terrestrischen Systeme

In den folgenden Tabellen werden die Vor- und Nachteile sowie die annähernden Kosten im Vergleich in einer kurzen Übersicht aufgelistet.

	Ka-Sat	Mobilfunk	SNG	BGAN	andere Lösungen
Flexibilität	Bis jetzt nur in Europa und an den Grenzen von Europa einsetzbar	Nur in den jeweiligen Ländern mit gut ausgebautem Mobilfunknetz. Es bedarf in der Regel eines Vertrags bei dem Anbieter vor Ort	Weltweit einsetzbar, da man nicht an Satelliten-Betreiber gebunden ist.	Fast weltweit einsetzbar. Eine Ausnahme bilden die Gebiete nahe dem Nord- und Südpol	Nur lokal einsetzbar
Kosten	Kauf 250 € bis 10000 €, Miete ab 200 € je Tag, jedes GB 50 €.	Je nach System können diese stark variieren. In der Regel jedoch günstiger als alle anderen Lösungen.	Ausbau eines Transporters 35000 € bis 50000 €, Fly-away 30000 € bis 50000 €, Miete mit Techniker 15000 €/Tag.	Miete ca. 70 € je Tag, Kauf ab ca. 4000 €, Minutenpreis für X-Stream 25 \$.	Keine Nennung von Preisen, da diese je nach System sehr stark variieren können.

	Ka-Sat	Mobilfunk	SNG	BGAN	andere Lösungen
Stabilität	Durch eine garantierte Bandbreite ist dieses System sehr stabil. Braucht eine Sichtverbindung zum Himmel	Da keine Bandbreite garantiert werden kann, ist es je nach Auslastung teilweise instabil. Keine Sichtverbindung zum Himmel	Durch eine garantierte Bandbreite ist dieses System sehr stabil. Braucht eine Sichtverbindung zum Himmel	Durch eine garantierte Bandbreite ist dieses System sehr stabil. Braucht eine Sichtverbindung zum Himmel	Durch das Anpassen an die eigenen Bedürfnisse sehr stabil.
personeller Aufwand	Geschultes Personal ist notwendig. Einarbeitung in kurzer Zeit ist möglich.	Geschultes Personal ist notwendig. Einarbeitung in kurzer Zeit ist möglich.	Nur mit sehr gut ausgebildetem Personal mit langjähriger Berufserfahrung.	Geschultes Personal ist notwendig. Einarbeitung in kurzer Zeit ist möglich.	Nur mit sehr gut ausgebildetem Personal mit langjähriger Berufserfahrung.
Einsetzbarkeit	Kann nur an fixen Orten eingesetzt werden	Kann mobil verwendet werden, wechselt innerhalb der Funkzellen. Gefahr eines Verbindungsabbruchs	Kann nur an fixen Orten eingesetzt werden	Kann nur an fixen Orten eingesetzt werden	

	Ka-Sat	Mobilfunk	SNG	BGAN	andere Lösungen
Sicherheit	Es muss nur beim Aufstellen auf Sicherheit geachtet werden	Keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen	Es darf kein Lebewesen in den Sendeweg gelangen, kein Betrieb in der Nähe von explosiven Stoffen, da Sendebetrieb mit hohen Wattzahlen im Mikrowellenbereich.	Es muss nur beim Aufstellen auf Sicherheit geachtet werden	Je nach Sicherheit individuell einsetzbar.

8 Anhang

8.1 Fachworterklärungen

3 GP	(Third Generation Partnership) Projektbezeichnung für ein Mobilfunkprotokoll
AAC	Advanced Audio Codes - ein effizienter Codec für die Audiokomprimierung
BBC	British Broadcast Corporation britischer staatlicher Fernsehsender
BGAN	Broadband Global Area Network- ein Satellitensystem von der Firma Inmarsat für das Internet
Bidirectional Frame	ein Frame, das nur die Bewegung speichert und die übrigen Bildinformationen aus dem vorherigen und nachfolgendem Bild bezieht
Braunsche Röhre	eine Elektronenröhre, die einen gebündelten Elektronenstrahl erzeugt und ihn sichtbar macht
Capturekarte	Computerkarte zum Erfassen und Bearbeiten von Videosignalen in dem Computer
Carrier-Signal	Die Trägerfrequenz, die keine Information enthält. Auf diese Frequenz werden die Daten moduliert
CBS	Columbia Broadcast Service - privater amerikanische Verbund von Hörfunk und Fernsehsendern
C-Band	(compromise between L and S), Funkfrequenz, die bei Satelliten Anwendung findet
C-Netz	Altes Mobilfunknetz in Deutschland, das inzwischen keine Anwendung mehr findet
Codec	Komprimierungsverfahren für Ton oder Videodaten
Container	Dateiformat zum Transport verschiedener multimedialer Inhalte

Conus-Netzwerk	früheres Satelliten-Netzwerk zum Informationsaustausch
Core-Network	Kernnetzwerk, oft gebräuchlicher Begriff in der Mobilfunktechnik
Decoder	ein Hardware oder Software, die Signale entschlüsselt (decodiert)
Discrete Cosinustransformation	(DCT) Komprimierungsverfahren, um die Datenmenge von Bildern zu verkleinern
DNS, dynamisch	(Domain Name System) Server, der Domains eine IP-Adresse zuweist, z. B.: hs-mittweida.de hat die IP-Adresse 141.55.192.190
Downlink	die Einheit, welche die Satellitendaten empfängt
DTH-Verbindung	Direkt to home - in der Satellitentechnik wird hier mit eine Verbindung bezeichnet, die über den Satelliten direkt zum Empfänger geht
Dual-link-System	ein System, welches gleichzeitig Daten senden und empfangen kann.
Dummy Load	Widerstand in einem Satellitensendeeinheit, der die nicht zum Senden gebrauchte Energie in Wärme umwandelt
EDGE	auf GSM aufbauendes Protokoll zu Datenübertragung
Encoder	eine Hardware oder Software, welche Signale verschlüsselt (encodiert)
Europäische Rundfunk Union	(EBU) Zusammenschluss europäischer Fernsehsender
Eutelsat	Satellitenbetreiber mit Hauptsitz in Paris
Farbsampling	Abtastung der Farben
FCC	(Federal Communications Commission) Behörde in den USA, die die Frequenzvergabe regelt

FDD	(Frequency Division Duplex) Verfahren in der Funktechnik, auch Frequenzduplex genannt, Up- und Downlinkfrequenzen sind aufgeteilt
feedhorn	Bestandteil der Satellitenantenne, es bildet die Verbindung zwischen LNB und dem Reflektor
Femto-Zelle	eigene Mobilfunkzelle mit geringer Reichweite
Flight Case	Gehäuse zum Einbau mehrerer Geräte, meist aus einem Alu-Holzverbund
fly-away	relative kompaktes Satelliten-System, das ausgelegt ist, mit Luftfracht versendet zu werden
footprints	definierte Ausleuchtungszone eines Satelliten
GPRS	(General Packet Radio Service) Handyprotokoll für den Datenaustausch. mit sehr geringer Datenrate
Group Of Pictures	(GOP) Komprimierungsverfahren, bei dem nur die Zwischenbilder übertragen werden.
GSM-Protokoll	(Global System for Mobile Comunication) Handy-standard Protokoll für den Mobilfunk
h.263-Codec	effizienter Videocodec, Vorgänger von H.264
h.264-Codec	effizienter Videocodec, Nachfolger von H.263
Handover	im Mobilfunk der Wechsel zwischen zwei Funkzellen
HD-Bildformat	High Definition, Bildauflösung im Fernsehen (1920 x 1080 Pixel)
HDMI	digitale Schnittstelle für die volldigitale Übertragung von Audio- und Videodaten
HEVC	(High Efficient Video Codec) Nachfolger von H.264
High Power Amplifier	(HPA/SSPA) Einheit, die die Signale für das Senden verstärkt

HLR	(Home Location Register) Server im Kernnetzwerk eines Mobilfunkbetreibers, der die Autorisierung in das Handynetzwerk abfragt
Hohlleiter	innen hohler Leiter zum Übertragen von hohen Frequenzen
HSPA	(High Speed Packet Access) Weiterentwicklung des Mobilfunkstandards GPRS, welcher höhere Datenraten ermöglicht
HSDPA	(High Speed Downlink Packet Access) siehe HSPA
IBA	(International Broadcast Association) Zusammenschluss verschiedener Fernsehanstalten und Firmen (vgl. Europäische Rundfunk-Union EBU)
IBC	International Broadcast Convention, zweitgrößte Fachmesse für Fernsehen, die jährlich in Amsterdam im September stattfindet
IFB	(Interruptible Feedback) Sendungston mit Regieanweisung
interlaced	alternierende zeilenbasierende Bildabtastung
Interprediction	Deutung von Bewegungsvektoren (vgl. Long Gop)
Intra-Frames	ganze Übertragung eines Frames
IP-Adresse	Adresse eines Gerätes in Computernetzwerken
ITU	(International Communication Union) Normungsvereinigung
Ka-Band (kurz above)	Satellitenfrequenzband
Ku-Band (kurz under)	Satellitenfrequenzband
Ka-Sat	Satellit der Firma Eutelsat
Latenzzeit	Verzögerungszeit bei Datenübertragung
L-Band (Long band)	Satellitenfrequenzband

LNB	(Low Noise Block Converter) rauscharmer Signalumsetzer im Brennpunkt einer Parabolantenne
LoCo	ehemaliges kabelgebundenes Netzwerk in England zur Übermittlung von Fotomaterial
Long Group Of Pictures	(Long GOP) Lange Gruppe von Bildern, ein Videokompressionsverfahren
LTE (Long Term Evolution)	neuer Mobilfunkstandard
Luminanzwert	Helligkeitswerte eines Bildes
MIMO	(Multiple Input, Multiple Output) spezielle Antennentechnik, bei der mithilfe von lokal getrennten Antennen eine höhere Datenrate erreicht wird
Modulator	Übersetzer, er wandelt die Frequenz in eine andere zum Senden gebrauchte Frequenz um
Motion estimation	Bewegungsvorhersage, wird vom Long Gop-Verfahren verwendet
MPEG 2	Codec-Standard
MP4	Container-Standard
Multipath fading	Erscheinung einer Funkstörung, bei der ein Funksignal verschiedene Signalwege geht
Multiplexer	Datenformat zum Sammeln verschiedener Inhalte oder Hardware, die es ermöglicht, zusätzliche Datenströme in einem Carrier eines Satelliten zu transportieren
NBC	(National broadcast Company) amerikanischer Fernsehsender
Nipkow-Scheibe	Mechanisch-optisches Bildzerlegungssystem
NTSC-System	(National Television Systems Comitee) amerikanisches Farbübertragungssystem, nach der Normungsinstitution NTSC benannt
OFDM	(orthogonal Frequunzy Division Multiplexing) besonderes Übertragungsverfahren bei LTE

Olympiakanone	erste deutsche elektronische Fernsehkamera
OMT	(Orthogonal Mode Transducer) passives Bauteil bei Satellitensystemen hinter dem LNB
PAL	von Walter Bruch erfundenes Farbübertragungssystem für das Fernsehen
Peak	Spitze, kann auch für ein Testsignal beim SNG stehen
Phase-Combiner	Gerät, welches die Leistung zweier HPAs kombiniert
Pico-Zelle	kleine unabhängige Mobilfunkzelle
Pixel	Bildpunkt
Port Forwarding	Port-Weiterleitung in einem Router
Predictive coded	P-Bilder beim Long Gop
Quadruplex-System	erste Bandaufzeichnungsmaschine für das Fernsehen von der Firma Ampex
Red One	digitale Kinokamera der Firma Red
RGB-Modus	Farbprofil, das bei Computern und Bildmonitoren verwendet wird
Router	Gerät, das mehrere Computer im Netzwerk koppelt oder trennt
RTP	Internetprotokoll, das oft für Streaming benutzt wird
RLC	(Runtime length Codec) Datenkomprimierungssystem
SCP	(Service Control Point) Bestandteil des Mobilfunknetzwerkes
SD-Bildformat	Standardbildformat im Fernsehen (720 x 576 Pixel)
SDI	Protokoll zur Übertragung von Ton- und Videosignalen über ein koaxiales Kabel
SIM-Karte	Chipkarte mit Authentifizierungsdaten für die

	Einwahl in ein Mobilfunknetzwerk
SNG	(Satellite News Gathering) Senden von Nachrichten über Satellit
SNG over IP	Senden von Daten über Satellit mit Hilfe von Internetprotokollen
Solid State Power-Amplifier	ähnlich einem HPA, nur dass er nicht mit Röhren arbeitet, sondern mit Transistoren
Spektrum-Analyzer	Gerät zum Analysieren und Sichtbarmachen von Frequenzen
SSP	(Service Switching Point) die Basisstation im Handy-Funknetz, die das Handy zur Einwahl benutzt
STP	(Service Transfer Point) Kontrollstation im Handy-Funknetz, die mehrere Basisstation überwacht
Syncom II	Kommunikationssatellit
Syncom III	Kommunikationssatellit
TCPP-Protokoll	Internetprotokoll
TDD	(Time Division Duplex) Verfahren in der Funktechnik, auch Zeitduplex genannt, Up- und Downlinkfrequenzen sind aufgeteilt in Zeitfenster
Telstar 1	Kommunikationssatellit
Transponder	Übertragungskanal in einem Satelliten
UDP	Internetprotokoll
UMTS	Übertragungsstandard im Mobilfunk
Upconverter	vgl. Modulator
Uplink, Uplinker	wird von einem SNG betrieben vom Uplinker, der Person, die einen SNG betreibt
VLC	(Variable Längen-Codierung) Kompressionsverfahren, bei dem Farben, die besonders oft im Bild vorkommen, durch Binärzahlen ersetzt werden

VLR	(Visitor Location Register) Datenbank im Handy-Funknetz für Ablage temporärer Kopien bei der Einwahl
Waveguide-Switch	dient zum Umschalten von zwei HPAs zur Erzielung einer höheren Redundanz
W-CDMA	(Wideband Code Division Multiple Access)
WLAN-Netzwerk	(Wireless Local Area Network) drahtloses lokales Netzwerk
X-Band	Funkfrequenz nur für das Militär
YCbCr	Farbmodell beim Fernsehen
YUV	Farbmodell beim Fernsehen, verwendet zur Darstellung der Farbinformationen die Lichtstärke und den Farbanteil
Zeitduplex	vgl. TDD
Zeitmultiplex	Übertragungsart in der Funktechnik

8.2 Nützliche Adressen

Betamobil GmbH
Rhinstraße 130
D-12681 Berlin
Telefon: +49 (0)30 56702090, Fax: +49 (0)30 56702091
Email: info@betamobil.de

Dawson Dynamics
Units 1-2 Tything Park, Arden Forest Industrial Estate
Alcester, Warwickshire,
B49 6ES, United Kingdom
Telefon: +(44) 1789 765 850, Fax: +(44) 1789 765 855
Email: info@dawson-dynamic.com

Farbbalken TV
Kielerstraße 164
D-22525 Hamburg
Email: info@farbbalken.tv

Internetagentur Schott GmbH
Industriestr. 12
D-96120 Bischberg
Tel. +49 (0)9503 8099999, Fax +49 (0)9503 504406-90

jackshoot.com
Tel.: +44 8456 521 631
studio@jackshoot.com

Live im Netz Hamburg
An der Bahn 3
21640 Nottensdorf
Telefon: +49 (0)4163 824415, Fax: +49 (0)4163-824428
Email: hamburg@liveimnetz.de

SATCOM satellite communication GmbH
Waldstraße 1
D-63150 Heusenstamm - Rembrücken
Telefon: +49 (0) 6106 - 2857-0, Fax: +49 (0) 6106 - 2857-110
Internet: www.satcom-tv.de
Email: info@satcom-tv.de

Skylogic S.p.A.
P.za Lagrange, 2 – 10123 Turin – Italy
Telefon:: +39 011 5585400, Fax: +39 011 5585444
Email: skylogic@skylogic.it

Studio Hamburg Media Consult International (MCI) GmbH
Telefon: +49 (0)40 6688-3384
Internet: www.mci.de
Internet: www.mci-werkstaetten.de
Email: info@mci.de

TransTel
Bramfelder Straße 110A
D-22305 Hamburg
Telefon: +49 (0)40 69 70 78-0, Fax +49 (0)40 69 70 78-15
Email info@tranxtel.com

TVN GROUP GmbH
Goseriede 9
D-30159 Hannover
Telefon: +49 (0)511 12123700, Telefax: +49 (0)511 12123739
Email: tvn.hannover@tvn.de
www.tvn.de

UnityLivestream GmbH & Co. KG

Gässelweg 9a

D-64572 Büttelborn

Telefon: +49 (0)6152 9806 – 0, Fax: +49 (0)6152 9806 – 66

Email: info@UnityLivestream.com

Vodafone Shop Mittweida

Rochlitzer Str. 72

D-09648 Mittweida

Telefon: +49 (0)3727 999188, Fax: +49 (0)3727 999189

Email: shop-mittweida@vodafone.de

9 Quellenverzeichnis

9.1 Bücher

Biebler Ralf, Video Codecs, Berlin 2007
Haohong, Wang, 4G Wireless Video Communications, Hoboken USA 2009
Hickethier, Knut, Geschichte des deutschen Fernsehens, Weimar 1998
Higgins, Jonathan, Satellite News Gathering, Oxford 2007
Neef, Das Gesicht der Erde, Frankfurt am Main, 1977
Otto Lothar (Hrsg.), Walter Bruch – eines Menschen Leben, Mittweida 2008
Rados, Antonia, Live aus Bagdad, München 2003
Sauter, Martin, Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme, Wiesbaden 2011
Schmidt, Ulrich,, Professionelle Videotechnik, Heidelberg 2009
Siegordner, Martin Die EBU (European Broadcast Union) – Geschichte und Aufgaben
München 2002

9.2 Zeitschriften

Die Zeit, Ausgabe 15.8.1966, Hamburg 1966
Die Zeit, Ausgabe 15.6.1963, Hamburg 1963
Die Zeit, Ausgabe 15.11.1963, Hamburg 1963
Die Zeit, Ausgabe 23.7.1971, Hamburg 1971

9.3 Vorlesungen

Hillmer, 2012 LV Mediengeschichte Hochschule Mittweida
Breest, Handout LV Recording, die Medienakademie Hamburg 2010

9.4 Hochschuschriften

Brostmeister, Martin, Einsatzmöglichkeiten drahtloser Videoübertragungssys-

teme unter besonderer Berücksichtigung zellularer Empfangsnetze,
Diplomarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Fakultät
Design, Medien und Information Department Technik, Hamburg 2007
Klenk, Markus, Dipl.Inf., Reichweite und Breitbandtests. Veröffentlichung, Uni
Ulm 2006
Meixelsberger, Rene, Einsatzmöglichkeiten einer DVB-T basierten Funkstrecke
an der Hochschule Mittweida, Bachelorarbeit, Hochschule Mittweida,
Mainz 20008

9.5 Juristisches

Bundesnetzagentur, Präsidentenkammerentscheidung zur Vergabe von Fre-
quenzen für den drahtlosen Netzzugang vom 12.10.2009 (ABl. 20/2009, Vfg
59/2009), 99ff.

9.6 Präsentation

Dipl.Ing.(FH) Stephan Gahrman - Account Manager - Nokia Siemens Network- Prä-
sentation LTE für Events-Eine Lösung für Carrier und Medienfirmen. Hamburg Open
26.1.2012

9.7 Interview

Telefonat: Herr Bross HEVC-Research Engineer - Image Processing Department
Fraunhofer Institute for Telecommunications - HHI am 3.7.2012
Telefonat: Dirk Ellenbeck Pressesprecher Technik und Innovationen Netz, LTE,
RCSe, Vodafone TV, Cloud - Telefonat 12.7.2012
Persönliches Gespräch: transtel- Bgan- Gerald List Geschäftsführer, am 18.6.2012
Brahmfelder Straße 110A, 22305 Hamburg
Mail: Matthias Götz, Internetagentur Schott,- Newspotter, Sales Team am 14.
Juni 2012

9.8 Internet-Recherche

Südwild- BR Rundfunk,

<http://on3.de/focus/10/on3-suedwil>, Stand 2.8.2012

Die Berichterstattung des „Fernsehsenders Paul Nipkow“ von den Olympischen Sommerspielen 1936

<http://1936.dra.de/index.php?id=125> Stand 4.8.2012

Quadruplex von Ampex:

<http://www.ampex.com/l-corp-history.html?start=30> Stand 5.8.2012

Geschichte Ampex

<http://www.ampex.com/l-corp-history.html?start=30> Stand 5.8.2012

Syncom II

<http://www.boeing.com/defense-space/space/bss/factsheets/376/syncom/syncom.html> Stand 4.8.2012

Satellitenbusse von Eads

<http://www.astrium.eads.net/de/programme/astra-1n-die-antwort-auf-die-hohe-nachfrage-fuer-digitales-und-hr-fernsehen.html/> Stand 20.6.2012

Inmarsat-Bgan

http://www.globalcoms.com/products_satellite_bgan.asp Stand 6.8.2012

Sylogic- Newsspotter:

http://www.film-tv-video.de/videoreport_details+M51223b016bd.html
Stand 20.6.2012

Wie entwickelte sich der digitale Mobilfunk in Deutschland?

<http://www.izmf.de/de/content/wie-entwickelte-sich-der-digitale-mobilfunk-deutschland> Stand. 15.7.2008

Who we are mpeg group

http://mpeg.chiariglione.org/who_we_are.php, Stand 20.6.2012

Bross/ Sulliva/ Wiegand, HEVC text specification draft 7,

http://phenix.int-evry.fr/jct/doc_end_user/current_document.php?id=5885

Stephen Shankland, Qualcomm shows horsepower of next-gen H.265 video

http://reviews.cnet.com/8301-13970_7-57387626-78/qualcomm-shows-horsepower-of-next-gen-h.265-video/

Ka-Band - the future ...

<http://www.tele-satellite.us/TELE-satellite-0709/eng/feature.pdf> Stand 20.6.2012

Grundlagen der Hohlleiter

<http://www.radartutorial.eu/03.linetheory/tl10.de.html> Stand 2.8.2012.

Mobiles Studio im Doppeldecker-Bus — das BR-Jugendmagazin »Südwild«

[http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=37407&L=0&no_cache=1](http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews[tt_news]=37407&L=0&no_cache=1) erstellt 16.7.2008 Stand 2.8.2012

TV-Dienste: Kapazitäten nach Bedarf

<http://www.eutelsat.com/deutsch/products/broadcast-occasional-use.html>
Stand 8.8.2012

KaSat / Tooway : test de débit via la connexion SkyDSL2+

<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=TEZ0SSigjx8>
Stand 8.8.2012

Bgan x-stream FAQ

<http://www.inmarsat.com/BGANX-Stream/Xstream-FAQs.aspx?language=EN&textonly=False>, Stand 2.8.2012

It-Broadcast Fly-Away szett: Tooway antenna

<http://www.youtube.com/watch?v=GZEbpL90ZBM> Stand 8.8.2012

LTE in zwei Varianten: FDD und TDD

<http://www.lte.info/technik/lte-fdd-und-tdd.html> Stand 8.8.2012

Preise über Bgan

<http://shop.teltec.de> Stand 8.8.2012

Teradek bond-Produktseite

<http://www.teradek.com/bond.html> Stand 7.8.2012

IEEE 802.16 / WiMAX

<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0904211.htm> stand 4.8.2012)

Reichweite 8.8.2012

<http://www.wlan-skynet.de/docs/richtfunk/reichweite.shtml> Stand 8.8.2012

2,4GHz - 24dBi-Grid-Parabolantenne

<http://www.tp-link.com.de/products/details/?categoryid=217&model=TLANT2424B#spec> Stand 8.8.2012

Regionale Themen On Air, 14.07.2011

<http://www.film-tv-video.de/newsdetail+M50b01b8f086.html> Stand 8.8.2012

Telefongespräch

mit Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Bross am 03. Juli 2012

Research Engineer - Image Processing Department

Fraunhofer Institute for Telecommunications - HHI

Einsteinufer 37 | D-10587 Berlin, Germany

Phone: +49(0)30-31002-622

paraphiert am 08.08.2012 per Mail

Welche Verfahren verwendet HEVC um die Komprimierung zu erreichen?

Generell verwendet HEVC den gleichen block-basierten hybriden Codieransatz wie die bereits verbreiteten Codecs MPEG-1/MPEG-2 und H.264. Dieser bezeichnet die Einteilung in Blöcke, Intra- oder Interprädiktion dieser und anschließende Transformationscodierung des Prädiktionsfehlers. Eine wichtige Neuerung sind die Blockstrukturen. In H.264 gibt es das Prinzip des Macroblocks als Basiseinheit für die Codierung, dessen Größe auf 16 mal 16 luma samples beschränkt ist. Das heißt, es gibt keine größere Blockgranularität als 16 mal 16. Der neue Standard geht natürlich in die Richtung dessen, was wir Ultra-HD oder ähnliches nennen. Mit 16 mal 16 großen Blöcken ist natürlich nicht mehr viel drin. Da braucht man zum einen größere Basisblöcke und zum anderen ein bisschen mehr Flexibilität. Das heißt, man hat die Ersteinteilung von diesem Bild in Blöcke zum einen variabel gestaltet. Pro codierter Sequenz wird signalisiert, wie groß diese Basisblockgröße ist. Während es in H.264 eben 16 mal 16 luma samples sind, sind es in HEVC in der Standardkonfiguration 64 mal 64. Man kann es aber auch auf 32 mal 32 stellen, auf 16 mal 16 und theoretisch auch auf 128 mal 128. Das, was wir in unserer Standardkonfiguration nutzen zum Testen, ist 64 mal 64. Diese um den Faktor 16 größere Basisblockgröße zeigt, dass man auf höhere Auflösungen zielt. In HEVC wird der Basisblock übrigens als Coding Tree Block bezeichnet, da er die Basis bzw. die Wurzel für eine baum-basierte Blockcodierung darstellt.

Ist die Blockbildung ähnlich wie bei DCT?

Ja, daher ist es motiviert, eine ähnliche Transformation benutzen wir auch noch und die wird ja bei H.264 auf 4 mal 4 Blöcken ausgeführt bzw. man konnte sie auch auf 8 mal 8 erweitern in gewissen Profiles. Das haben wir in HEVC ebenfalls variabler gestaltet.

Der Coding Tree Block, der wie gesagt den Macroblock ersetzt, wird jetzt nochmals in sogenannte Coding Blocks unterteilt. Der Macroblock konnte in Partitions unterteilt werden, die konnten quadratisch oder rechteckig sein. Und diese Partitions konnte man nochmals in Subpartitions unterteilen. Auf diesen Unterteilungen werden dann die Predictions gemacht, während die Transformationsgrößen für die Transformation des Prädiktionsfehlers im Standardfall konstant sind nämlich auf 4 mal 4 Blöcken.

Das Konzept wird jetzt bei HEVC aufgebrochen und zwar wird dieser Coding Tree Block wie gesagt noch einmal runtergebrochen in die Coding Blocks, das heisst man teilt noch einmal in 4 gleich große Quadrate. Dann kann man jedes dieser Quadrate nochmals aufteilen in 4 gleichgroße Quadrate, bis man eine Baumstruktur hat. Die Blätter oder Leaves dieses Baumes, der wegen der Teilung in 4 Blöcke auch Quadtree genannt wird, sind eben diese Coding Blocks. Das ist dann recht vorteilhaft wenn man einen Block hat, und am Rand in diesem Block gibt es z.B. recht viele Details. Dann kann man ihn in große Blöcke unterteilen und da wo sich die Details befinden, kann man die Blöcke nochmals verkleinern, bis man sich den Details angenähert hat.

Wird eigentlich bei HEVC auch weiterhin mit Long Gops gearbeitet oder?

Also eine Group of Pictures die mehrere nicht Intra codierte Bilder umfassen?

Ja genau...

Ja, die sind auch noch generell unterstützt da diese Codierstruktur den meisten Codierungsgewinn bringt, allerdings haben wir für die Entwicklung des Codecs verschiedene Testkonfigurationen in den JCTVC Common Test Conditions definiert die unterschiedliche Anwendungen des Codecs abdecken sollen. Da ist zum einen eine so genannte Random Access Konfiguration in der eben ungefähr alle 1.1 Sekunden ein Intra Bild kodiert wird. Bei einer mit 30 Hertz aufgenommenen Sequenz ist das ein Intra Bild alle 32 Bilder. Diese Konfiguration ist wie gesagt dazu da durch die Intra Bilder Einsprungpunkte in den Videostrom zu bieten, wie dies zum Beispiel bei einem Film zum „Spulen“ oder beim Senderwechsel bei DVB der Fall ist. Die andere Konfiguration die von anderen Bildern abhängige Inter Bilder verwendet ist die Low Delay Konfiguration die auf verzögerungsfreie, zweiseitige Kommunikation wie Videotelefonie ohne Einsprungpunkte zugeschnitten ist. Zuletzt gibt es dann noch die All Intra Konfiguration die man bei MPEG-1/2 wohl als short GoP bezeichnet hat. Diese besteht ausschließlich aus von einander unabhängigen Intra Bilder und ist daher sehr gut fürs Editing geeignet. Durch die fehlende Ausnutzung der zeitlichen Redundanz zwischen den Bildern ist die

allerdings auf die Konfiguration mit der schlechtesten Performance.

Um noch einmal zu der DCT zurückzukommen. Es gibt auch Codierungen mit Wavelets. Findet das auch Einzug bei HEVC?

Nein, das ist noch einmal eine andere Philosophie. Der Block-basierte Ansatz ist genau etwas für die DCT. Durch die Blockeinteilung wird eine Ortslokalisierung ermöglicht... während die Wavelet-Transformation schon von sich aus eine sehr gute Ortslokalisierung hat.

Um noch mal zurückzukommen zu den Verbesserungen bei der Transformationscodierung, da ist zum Beispiel diese flexible Blockstruktur auch bei Transformationsblöcken. Der Vorteil ist, dass man diese Transform Blocks variieren kann innerhalb eines Coding Blocks. Und dieser Coding Block legt dann natürlich auch die Prädiktionsblockgröße fest. Also erstmal wird das Bild von den Basisblöcken, den Coding Tree Blocks, ausgehend unterteilt in Coding Blocks, der kann dann noch mal weiter unterteilt werden nach dem gleichen Quadtree Prinzip, um auf die Transformationsblockgrößen, den Transform Blocks, zu kommen.

Und darauf beruht dann die Haupteinsparung im Vergleich zu H.264?

Also das ist eine. Es gibt bei HEVC kein Feature, das wirklich die Haupteinsparung bringt, sondern es ist eine breite Entwicklung. Also da ist die Weiterentwicklung in dem Blockprinzip, die noch relativ starr ist bei H.264, die ist durch diese Quadtree-Anwendung für Coding sowie Transform sehr flexibel geworden und kann sich dem jeweiligen Content vor allem bei hohen Auflösungen besser anpassen.

Daneben gibt es dann natürlich noch Verbesserungen bei der Intra Prädiktion. eben dadurch, dass wir jetzt auch größere Blöcke haben, haben wir natürlich auch mehr Intra predictions-Winkel als h264 hat.....wenn man natürlich dann mehr Pixel am Rand hat, die man zur Intra Prediction, also mehr benachbarte Pixel oben und links, die man zur Intra Prediction verwenden kann, dann ist natürlich die Winkelauflösung höher, d.h. wir haben mehr Winkel für die richtungsorientierte Intra Prediction. Das war jetzt so die eine der wesentlichen Neuerungen der Intra Prediction. Eine andere Änderung ist, dass die Größe der Intra rediction gleich dieser Transformationsblockgröße ist. ... und man kann auch noch diese Intra Predictions-Blöcke nennen, die haben auch dieses flexible Baumprinzip, was auch noch mal einen guten Gewinn in der Intra Prediction bringt.

Bei der Inter Prädiktion wurde die Bewegungsvektorprädiktion, die Sub-sample Interpolation für Bewegungsvektoren in Sub-sample Genauigkeit bis zu QPEL, also einem Viertel von einem Sample, verbessert. Außerdem haben wir eine so genannten Merge Mode eingeführt der es ermöglicht für mehrere benachbarte Inter Prädiktionsblöcke die gleichen Bewegungsparameter, wie z.B. Bewegungsvektoren und Referenzbildindizes, zu verwenden und auch nur einmal zu codieren. Dadurch entstehen Regionen gleicher Bewegung über mehrere Blöcke die z.B. bei einem statischen Hintergrund sehr effektiv codiert werden können.

Also die generelle Blockstruktur bringt Gewinne durch die flexible Quadtree-Darstellung, die Intra Prediction wird durch mehr Prädiktions-Winkel für die gerichtete Intra Prädiktion und die Interprädiktion durch verbesserte Bewegungsparametercodierung wie dem Block Merging. Außerdem sollte man noch ein neues In-loop Filter namens Sample Adaptive Offset erwähnen, welches nach dem Deblocking Filter angewendet wird. In-loop heißt hier, dass das Filter nach der Rekonstruktion eines Bildes und bevor es eventuell als Referenz für andere Bilder verwendet wird, auf dieses angewendet wird.

Wie effektiv ist denn im Vergleich zu H.264 die Datenrate oder wie viel Einsparung nimmt man da vor?

Das wird natürlich immer objektiv gemessen und da sind wir im Moment so bei 30% und sparen so bei gleichem objektiven Qualitätsmaß, dem PSNR, 30 % der Bitrate. Das ist grob gemittelt über alle Testsequenzen und Konfigurationen, aber das ist nur die objektive mit dem PSNR ermittelte Qualität, da ist die Frage, inwiefern dann wirklich auch der PSNR-Wert, mit der wirklich vom Menschen wahrgenommenen subjektiven Qualität korreliert. Es muss also immer mal wieder mit subjektiven Tests, in einem speziellen Labor mit Testperson und großen Testreihen, geschaut werden wie die subjektive Qualität von HEVC im Vergleich zu einer Referenz wie H.264 beurteilt wird. Das wurde Anfang des Jahres mal gemacht und da kam raus, dass bei dem aktuellen Entwicklungsstand, der da getestet wurde, bei gleicher subjektiv wahrgenommener Qualität von den Testpersonen sogar 50 % an Rate gespart wurde. Das war so das Ziel, also das HEVC Projektziel das ausgegeben wurde für den neuen Codec. Ein H.264 Nachfolger soll 50% Ratenreduktion bei gleicher Qualität erreichen, das ist auch das, was H.264 gegenüber MPEG-2 oder MPEG-1 einspart.

...

Sie haben erzählt von einem Decoder, der schon gebaut ist, einem Live-Decoder, wie hoch sind bei dem die Latenzen beim Encoding und Decoding?

Zur HEVC Encoder und Decoder Komplexität wird es aller Wahrscheinlichkeit nach eine Veröffentlichung von uns und dem Entwickler des erwähnten Decoders in einer HEVC Sonderausgabe der IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology im Dezember geben, aber Encoding ist so eine Sache, das wird noch ein spannendes Forschungs- und Entwicklungsgebiet. Beim Decoder wird festgestellt, dass er schon sehr gut implementierbar ist, es werden Referenzergebnisse gezeigt für eine Portierung des Decoders auf das iPad zum Beispiel und da kann man je nach Konfiguration, z.B. Random Access für einen Film/DVD, mit einer Auflösung von 480 p bei 30 f/s eine Rate von 2 MBit/s decodieren.

Wie lange der zeitliche Versatz dauert, dass ist noch in der Erprobung?

Nein, das ist Echtzeit.

Es gibt doch die Group Of Pictures, und da müsste mit der Motion Estimation eine Verzögerung statt finden? Wie wird das geschafft?

Das ist die Random Access Konfiguration, die ich eben meinte. Bei dieser Konfiguration hat man eben die Mittelung von zwei Prädiktionen aus der Zukunft und aus der Vergangenheit. Daher muss aber auch das Bild aus der Zukunft vor dem aktuellen Bild codiert werden. Dieses so erzeugte Delay durch das Umordnen der Bilder zwischen Codierung und Ausgabe ist bei der Encodierung von Filmen tolerierbar, bei Anwendungen wie Videotelefonie allerdings nicht. Das Decodieren einer Random Access Konfiguration ist, wie das Beispiel des iPad Decoders zeigt, in Echtzeit möglich.

Und das wird sich ähnlich wie bei H.264 verhalten?

Ja, genau, aber das waren auch nur grobe Messungen mit einer nicht 100% optimierten Implementierung auf einem Prozessor, eine Decodierung in Echtzeit ist also gut möglich, problematisch ist also der Encoder, der ist noch gar nicht optimiert. Da besteht also noch viel Optimierungspotential.

Der Standard spezifiziert nur den Decoder, was der Encoder macht, ist nicht festgeschrieben. Der Encoder muss eben nur einen Bitstrom erzeugen, den der Decoder nach dem Standard versteht, also standardkonform ist.

Wann wird der HEVC veröffentlicht oder wie sieht da der Zeitplan aus?

Also den ersten Milestone hatten wir im Februar. Das war der so genannte „Comitee Draft“, das sind alles ISO/IEC, also MPEG-Milestones. Die ITU verabschiedet am Ende nur den fertigen Standard. Den zweiten Milestone haben wir jetzt in ein paar Wochen, Ende Juli, also das nächste Standardisierungs-Meeting ist nächste Woche in Stockholm und danach, eine Woche später werden wir dann den zweiten Milestone veröffentlichen, das ist der DIS, ausgesprochen heißt er Draft International Standard. Dieser wird dann erst einmal 5 Monate lang von allen so genannten National Bodies, also allen nationalen Standardisierungsorganisationen die zur ISO gehören wie die deutsche DIN oder das American National Standards Institute, begutachtet. Die alle schauen sich das dann an, geben ihre Kommentare dazu ab und dann wird abgestimmt, ob man den Inhalt so haben möchte oder nicht. Im Januar nächsten Jahres ist geplant, dass die finale Version fertig ist, also der FDIS, Final Draft International Standard, verabschiedet wird.

Werden dann wie auch schon wie bei H.264-AVC, das wurde dann ja sozusagen nachgebessert, die interessanten Fernsehformate wie das Zukunftsformat 1080 50 p schon unterstützt oder?

Genau, das ist unterstützt, man hat nur kein Interlaced Coding, also kein explizites Interlaced Coding mehr drin. Es gab ja noch in H.264 dieses Frame/Field Coding. Wenn man Halbbilder hatte gab es dann auch ganz spezielle Coding Tools, die dann wirklich von Halbbild zu Halbbild nur prädiert haben. Diese Halbbilder, also dieses i-Format statt p für Interlaced, ist auf jeden Fall voll unterstützt mit HEVC, allerdings nur so, dass ein Halbbild oder „Field“, also Top oder Bottom, als eigenes Bild codiert wird und erst für die Ausgabe wieder zu einem ganzen Bild zusammen gesetzt wird.

Es ist also möglich mit denen?

Genau, es ist möglich, also der Syntax dafür ist da.

Könnte man bei HEVC 4:2:2 ohne Probleme in HD abbilden?

Ja, das ist noch so ein Problem, die erste Version von HEVC wird auf jeden Fall nur 4:2:0 unterstützen... Ja, also wirklich horizontales und vertikales Chroma-Subsampling
.....

Wie hoch ist die maximale Auflösung, die angestrebt wird?

Das ist relativ offen, das wird jeweils in den Profiles und Levels definiert, hier in meinen aktuellen Unterlagen ist die höchste Beispielauflösung mit 8k, also 7680 x 4320 Bild-

punkten definiert. Das Interessanteste letztes Jahr auf der IFA war das 8k-Display von Sharp, welches dann auch wirklich mit NHK-8k-Content betrieben wurde. Das war sehr faszinierend das mal so zu sehen...

Wie stabil ist die jetzige Version, die schon besteht?

Von den Coding Tools und Performance Improvements her ist es stabil, das generelle Design wird also nicht mehr geändert um mehr Gewinn zu bringen, jetzt wird nur noch daran gearbeitet, dass es implementierfreundlicher oder erweiterungsfähiger wird. Kleine Details werden dabei noch gelöst.

Wurden schon Artikel zur Entwicklung von HEVC veröffentlicht oder zur Veröffentlichung im Dezember und sind sie frei zugänglich?

Alle aktuellen Versionen dieses Standards findet man im Internet. Dieser Standardisierungsprozess ist öffentlich. Es kann sich im Prinzip jeder für so ein Meeting registrieren und mitmachen, es funktioniert da nach Konsens, es gibt dort kein Vote, es müssen also alle damit einverstanden sein, dass es zu diesem Standard kommt. Es ist eine sehr offene Entwicklung... Alle Dokumente, die dort eingebracht werden, die diskutiert werden und auf deren Basis entschieden wird, ob ein Vorschlag, der dort beschrieben wurde, auch aufgenommen wird oder nicht und auch die ganzen Reports eines Meetings, in denen die Diskussionen festgehalten werden, sind alle öffentlich verfügbar. Viele Artikel, die HEVC Techniken allgemein und im Detail beschreiben, werden in einer HEVC Sonderausgabe der IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology im Dezember veröffentlicht.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung und für die Zeit, die Sie sich für mich genommen haben...

Bitte, gern geschehen, auf Wiedersehen...

Persönliches Gespräch

mit Herrn Rainer Moser, Geschäftsführer von Live im Netz und Herrn Tim Moldenhauer, technischer Leiter, am 18. Juni 2012 in Hamburg
paraphiert am 06.08.2012

Die Firma Live im Netz realisiert Live Streams von Veranstaltungen. Der hauptsächliche Schwerpunkt liegt dabei auf Sportveranstaltungen.

Wie übertragt ihr die Video-Signale?

Rainer: in der Regel übertragen wir das Signal über eine Internetanbindung, die wir vor Ort zur Verfügung gestellt bekommen. Das ist wesentlich stabiler und kostengünstiger als das Übertragen über andere Systeme

Wie sind eure Erfahrung mit dem Streaming über das Handynetz?

Tim: Eher schwierig, trotz einiger Tests am Tag vorher war am Veranstaltungstag teilweise kaum noch ein Senden möglich. Ebenso schwankte der Empfang sehr stark.

Und woran lag es, dass das Handynetz nicht mehr so leistungsfähig war?

Rainer: Es liess sich nicht wirklich festmachen, woran es lag. Wir konnten keinen Zusammenhang mit den Zuschauerzahlen und der Netzauslastung erkennen.

Tim: Es war unberechenbar.

Welche Handynetze habt ihr benutzt?

Tim: Wir benutzen Prepaidkarten von T-Mobile und O2, da diese keine Uploadbeschränkung wie Vodafone haben und diese Netze einen guten Ausbau aufweisen.

Seit kurzem arbeitet ihr über Tooway, das System, auf dem auch Newspotter aufbaut. Wie sind da eure Erfahrungen?

- Rainer: Ganz gut, allerdings konnten wir das System noch nicht bei Schlechtwetter testen. Ebenso hat sich der Aufbau als komplizierter herausgestellt als erwartet. Wir haben ein System, welches man per Hand ausrichten muss.
- Tim: Ohne spezielles Werkzeug wie Kompass und Winkelmesser ist das nahezu unmöglich, da man mit höchster Präzision vorgehen muss.

Wie lange braucht ihr für den Aufbau?

- Rainer: Wir brauchen so ungefähr eine halbe Stunde.

Telefongespräch

mit Vodafone, Herr Ellenbeck, Pressesprecher, Technik und Innovationen Netz, LTE, RCSe, Vodafone TV, Cloud am 12.7.2012.

Welche Frequenzbänder werden benutzt?

- Herr Ellenbeck: Da kommen bei uns zumindest im 2,6 GHz die Frequenzen für Hot Spots in Städten dazu.

Um eine größere Bandbreite zu erzielen?

- Herr Ellenbeck: Ja genau, da sie dort auch eine größere Bandbreite haben nicht nur mit 10 sondern mit 20 und zudem sie auf kleine Fläche eine größere Zahl von Personen gleichzeitig versorgen können.

Wie wird der Ausbau in den Städten vorangetrieben? Ich habe von einem Ihrer Mitarbeiter gehört, dass Hamburg zeitnah mit LTE versorgt werden soll?

- Herr Ellenbeck: Da war er ein bisschen voreilig, also 8 Wochen würde ich nicht sagen. Hamburg wird von außen, also vom Land in die Stadt noch weiter ausgebaut, aber ob das innerhalb von 8 Wochen passiert, darauf würde ich mich noch nicht festlegen wollen. Das passiert dann sowohl mit 800 MHz als auch mit 2,6 GHz
-

Also mit beiden Bändern? Damit 2,6 GHz die Spitzen abfängt...

Herr Ellenbeck: Damit es die Spitzen abfängt und 800 MHz deutlich aufgrund der niedrigen Frequenzen bessere Raumdurchdringung hat als das hochbandige 2,6 GHz Spektrum.

Gibt es erste Versuche in der Fernsehbranche?

Herr Ellenbeck: Wir haben testen bei uns Innovationscenter mit verschiedenen TV-Sendern zusammen, welche Verwendungsmöglichkeiten es gibt, um LTE zu nutzen und unterwegs mobil HD-Video -Content zu übertragen

Welche Sender sind das?

Herr Ellenbeck: Das sind sowohl öffentlich Rechtliche als auch private. Wir haben auf der Cebit z.B. demonstriert, wie man mit dem WDR zusammen HD-Video mit LTE übertragen kann, wir sind aber auch mit mehreren privaten Sendern im Gespräch.

Gäbe es ein Tarif, mit dem man eine zugesicherte Bandbreite bekommt?

Herr Ellenbeck: Momentan ist das regulatorisch nicht erlaubt.

...und in Zukunft?

Herr Ellenbeck: Da müssen Sie den Gesetzgeber fragen, ob er vorsieht, dass so etwas zulässig sein wird. Aber im Moment ist es nicht möglich, einem Anwender eine bestimmte Bandbreite zu garantieren und eine anderen dafür im Grunde abzuklemmen.

Mit welchem Codes wir dabei gearbeitet?

Herr Ellenbeck: Überwiegend mit H.264.

Vielen Dank für das Gespräch.

Persönliches Gespräch

mit transtel, Herr Gerald List, Geschäftsführer, in Hamburg am 18.6.2012

Wie teuer ist ein Terminal für einen Laptop, welches bis zu 492 kb/s unterstützt?

Herr List: Ca. 4.000 Euro

Was hat BGAN für Betriebskosten?

Herr List: 32 kbps Streaming ca. 3 US \$/Minute, X-Stream ca. 25 US \$/Minute

Gibt es die Terminals zu mieten?

Herr List: Ja, für ca. 70 Euro/ Tag

Wie weit ist BGAN im Broadcastbereich verbreitet? Ich weiß nur vom NDR und N24.

Herr List: Alle größeren Sender, die ARD, das ZDF sowie Pro7/Sat1 verfügen über BGAN Terminals.

Wie zuverlässig ist das System.

Herr List: Das Inmarsat-System selbst hat eine höhere Verfügbarkeit als das Festnetz.

Welche Datenrate wird im Schnitt in den meisten Fällen erzielt?

Herr List: Bei den Streaming-Klassen muss man den Overhead abziehen. Bei 32 Kbps Streaming erreichen wir etwa 27 kbps für die Audioübertragungen.

Findet BGAN X-Stream weite Verbreitung?

Herr List: Ja, im Fernsehbereich.

Wie hoch ist die Ping-Zeit bei einer IP-Verbindung?

Herr List: Bei Streamingklassen etwa 900 ms.

Wie hoch ist die Elevation der Antenne?

Herr List: Das kommt ganz darauf an, wo man sich befindet.
Umso näher man am Äquator ist, umso größer ist die Elevation.
Befindet man sich direkt „unter“ dem Satelliten, zeigt die Antenne senkrecht nach oben. Die von Inmarsat angegebenen Ausleucht-bereiche gehen von einer minimalen Elevation von 5° aus.

Vielen Dank für das Gespräch.

Telefongespräch

mit Herrn Matthias Götz, Internetagentur Schott, Sales Team, in Bischberg am
14.6.2012

Guten Tag Herr Götz, haben Sie für das neue Newsspotter-System schon Kunden in Deutschland?

Herr Götz: Gekauft hat es noch kein Kunde, aber wir hatten zum Testen bereits eine Übertragung von der deutschen Tischtennis-Meisterschaft, von da haben wir mit Erfolg gestreamed.
Das System ist noch recht neu. Allerdings gibt es schon in unserem Haus dafür bereits mehrere Interessenten.

Können Sie mir vielleicht etwas über Ihre Interessenten verraten?

Herr Götz: Ein Interessent war zum Beispiel ein livestream-Internet-Portal, aber wir haben auch schon von Fernsehsendern Interessenten

...

Wie verhält sich Ka-Sat ihrer Erfahrung nach bei schlechtem Wetter?

Herr Götz: Es gibt natürlich gewisse Einschränkungen. Bei extrem Bedingungen ist dieses System natürlich auch von Wetter beeinflusst. Allerdings sind das, wie jeder weiß, Extrembedingungen, von denen wir hier sprechen. Bei normalem Regen und Schneefall gibt es in der Regel keine Probleme. Dann arbeitet die Sig-

nalverstärkung und gleicht die störenden Einflüsse dann aus.

Wie teuer wäre eine 70 cm-Schüssel mit dem Consumer-Modem.

Herr Götz: Kosten: 249,00 Euro brutto

Wie teuer wäre das Pro-modem mit einer 70 cm-Schüssel?

Herr Götz: Hier wäre mit ca. 500,00 Euro (netto) Aufpreis zu rechnen

Wie schnell ist die Datenübertragung bei TCP/IP

Herr Götz: Mit dem Consumer-Modem ist ein Upload von ca. 5 Mbit/s möglich, mit dem Pro-Modem erreichen Sie 10 Mbit/s Upload problemlos.

Wie hoch ist die Sendeleistung des neuen Newsspotter-Systems?

Herr Götz: Die maximale Sendeleistung für das Consumer-System ist 3 Watt, das Pro-System hat 4 Watt. Es wird jedoch nicht dauerhaft mit dieser Sendeleistung übertragen. Beide Systeme sind im ständigen Kontakt mit dem Uplinkcenter und ändern automatisch die Sendeleistung. In extremen Schlechtwettersituationen hat man mit den 4 Watt eben noch etwas mehr Ressourcen.

Können Sie die Unterschiede zwischen den beiden Systemen kurz aufzeigen?

Herr Götz: Das Consumer-System verwendet für Upstream und Downstream nur ein Kabel. Beim Pro-System ist Upstream und Downstream getrennt und es werden zwei einzelne Koaxialkabel verwendet. Das Pro-System ist mit seinem Metallgehäuse inklusive eines kleinen Lüfters auch für einen 19"-Einbau geeignet. Das Consumer-System ist für das Aufstellen auf einem Schreibtisch ausgelegt.

Vielen Dank für diese Informationen und auf Wiedersehen.

Messdaten aus Berlin, vom campus open air und vom hurricane-Festival

O2	Upload	Download	T-Mobile	Upload	Download
0 6.7. 2012	1,53	3,2	9.7. 2012	2,93	15,9
00:30	1,54	2,01		2,95	12,67
1	1,53	2,56		3,25	13,51
01:30	1,6	3,56		3,33	14,85
2	1,57	3,43		3,33	13,94
02:30	1,59	3,13		3,23	13,24
3	1,59	3,14		3,32	15,28
03:30	1,57	3,58		3,37	14,14
4	1,6	3,64		3,19	12,93
04:30	1,52	3,26		3,26	14,27
5	1,57	3,79		3	12,49
05:30	1,62	3,13		3,2	12,84
6	1,51	1,89		2,61	6,99
06:30	1,56	2,82		3,32	13,64
7	1,54	2,85		3,2	15,03
07:30	1,57	3,04		3,18	13,88
8	1,46	2,01		3,39	12,54
08:30	1,58	3,12		3,03	13,216
9	1,58	2,31		3,18	12,66
09:30	1,6	1,56		3,11	11,1
10	1,61	2,16		3,39	3,67
10:30	1,45	2,11		3,25	16,08
11	1,59	2,38		3,16	12,23
11:30	1,55	1,72		2,94	13,24
12	1,53	1,09		2,97	12,92
12:30	1,53	2,81		3,01	14,33
13	1,39	1,97		3,10	14,23
13:30	1,44	0,85		3,15	12,56
14	0,4	2,66		2,79	13,59
14:30	1,47	1,25		3,34	13,69
15	1,6	1,89		3,13	14,76
15:30	1,53	2,22		3,21	13,52
16	0	2,39		3,16	14,11
16:30	1,48	1,24		3,14	13,83
17	1,54	2,49		3,31	10,33
17:30	1,5	0,81		3,04	7,02
18	1,4	2,33		3,37	12,25
18:30	1,5	2,18		2,92	11,71
19	1,556	2,9		3,55	12,09
19:30	1,51	1,55		3,13	9,88
20	1,55	2,32		3,53	12,28
20:30	1,47	2,44		3,44	9,12
21	1,54	1,58		3,21	12,88
21:30	1,53	3,08		3,08	11,6
22	1,58	2,87		3,92	12,66
22:30	1,55	3,52		3,31	11,71
23	1,48	3,09		2,64	13,88
23:30	1,58	2,6		3,32	13,29
24	1,67	2,77		1	15,81
	5. und 6. Juni 2012			21. - 23. Juni 2012	
	campus open air	vodafone		hurricane	vodafone
1. Tag	1,49	3,18		1,78	3,7
2. Tag	0,2	0,6		1,3	1,86
3. Tag				1,12	2,82
4. Tag				1,92	1,47
5					

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname
